

République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCEIN

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE ET ELECTRONIQUE

Filière : Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes de Master

Spécialité : Ingénierie de la production



Intitulé :

**Modélisation, programmation et émulation
d'un système de production FESTO MPS utilisant (STEP7, WinCC)**

Présenté en Visioconférence le Dimanche 29 Novembre 2020

par :

- CHEMAMI Hemza
- SOLTANI Souheib

Devant les jurés :

- | | | |
|--------------------------------|------------------|--------------|
| • Mr. MELIANI Sidi Mohammed | MCA | Président |
| • Mr. HADRI Abdelkader | MAA | Examineur |
| • Mr. MKEDDER Mohammed El Amin | Ingénieur en R&D | Encadrant |
| • Mr. HASSAM Ahmed. | MCB | Co-encadrant |

Année universitaire : 2019/2020

Remerciement

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH Le très Haut, le très Grand, le Clément, L'Omniscient, l'Omnipotent. Le Tout Puissant, le très miséricordieux d'avoir permis à ce travail d'aboutir à son terme qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude. Au PROPHETE MOHAMED paix et salut sur lui.

Nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre nous ont permis de mener à son terme ce mémoire et plus particulièrement :

Nous tenons à remercier sincèrement **Mr.** MKEDDER Med EL Amin et **Mr.** HASSAM Ahmed, qui en tant qu'encadreur et Co-encadreur de ce mémoire, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer et sans lui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. Ainsi pour ses précieux conseils et remarques qui nous ont beaucoup aidés, et également pour leur soutien moral tout au long de notre cursus.

Nos vifs remerciements vont aux membres de Jury, pour avoir accepté de juger notre travail.

A nos enseignants, à qui nous devons notre formation, qu'ils trouvent ici l'expression de nos sentiments les plus respectueux et de notre profonde gratitude pour leur gentillesse, leur disponibilité et leur soutien.

A nos chers parents, nos frères et sœurs et nos familles qui nous ont toujours soutenus le long de notre formation

A tous nos amis, pour leur soutien moral et aide précieuse.

Dédicace :

Je dédie ce mémoire

A mon très cher père

Et ma très chère mère

Pour l'éducation et le grand amour dont ils m'ont entouré depuis ma naissance.

Et pour leurs patiences et leurs sacrifices.

A mes chers frères ;

A mes chères sœurs ;

A tous mes proches : mes tantes, mes cousines et ... Et toute personne m'aider pendant ce travail, mes voisins et toute la famille.

A tous ceux qui m'aiment ;

A tous mes ami(e)s,

A tous ceux que j'aime ;

A tous mes collègues de promo Master II en GI.

SOHAIB

Dédicace :

Je dédie ce mémoire

A mon très cher père

Et ma très chère mère

Pour l'éducation et le grand amour dont ils m'ont entouré depuis ma naissance.

Et pour leurs patiences et leurs sacrifices.

A mes chers frères ;

A mes chères sœurs ;

A tous mes proches : mes tantes, mes cousines et ... Et toute personne m'aider pendant ce travail, mes voisins et toute la famille.

A tous ceux qui m'aiment ;

A tous mes ami(e)s, zaka, Housseem, oussama. Hemza.aymen,omar,.....

A tous ceux que j'aime ;

A tous mes collègues de promo Master II en GI.

HAMZA

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Développement et évolution de l'industrie	
1 Introduction	4
2 La progression de l'industrie au niveau de l'automatisation	4
2.1 Les révolutions industrielles	4
2.1.1 Première révolution industrielle	4
2.1.2 Seconde révolution industrielle	5
2.1.3 Troisième révolution industrielle	6
3 Industrie 4.0	7
3.1 Origine et définitions	8
3.2 Les principales technologies de l'industrie 4.0	10
3.2.1 Big Data et analyses (Big Data Analytics)	10
3.2.2 Robots Autonomes	11
3.2.3 Simulation ET emulation	12
3.2.1 L'Internet des objets industriel (Internet of Things)	13
3.2.2 Intégration système	13
3.2.3 La cybersécurité	14
3.2.4 Le Cloud Computing	15
3.2.5 La fabrication additive (Impression 3D)	16
3.2.6 Réalité augmentée et réalité virtuelle	17
4 Conclusion	18

Chapitre 2 : Systèmes automatisés de production & système MPS de FESTO

1. Introduction	21
2. Les systèmes automatisés	21
2.1 Définition	21
2.2 Objectifs de l'automatisation	21
2.3 Structure d'un système automatisé	22
3. L'automate Programmable Industriel	23
3.1 Définition	23
3.1.1 La logique câblée	25
3.1.2 La logique programmée	25
3.2 Choix d'un automate programmable	25
3.3 Les avantages d'un automate programmable industriel	25
4. Description des stations	26
5. Programmation de l'automate S7-300	37
5.1 Logiciel de programmation	37
5.1.1 STEP 7	37
5.1.2 Langages de programmation	38
6. La supervision	39
6.1 Wincc flexible	39
6.2 Critères de choix de Win cc flexible	39
7. Conclusion	40

Chapitre 3 Modélisation et simulation de la station étudiée du systèmes MPS

1	Introduction	42
2	Programmation de l'automate S7 – 300	42
2.1	Démarrez STEP 7	42
2.2	Insérer un nouveau projet	42
2.3	Configuration matérielle	44
2.3.1	Ajouter une nouvelle station	44
2.3.2	Ouvrir la fenêtre de configuration matérielle	45
2.4	Déclaration de la table des Mnémoniques	49
2.5	Modélisation graphique de station de production	51
2.6	Programmes de transfert et de test dans la CPU	53
2.7	Simulation du programme élaboré	53
3	Programmation dans Win cc flexible	54
3.1	Démarrez Win cc flexible	54
3.2	Sélection du pupitre	55
3.3	Création des éléments d'entrées et sorties	55
3.4	La conception du processus de la station de production	56
4	Conclusion	57
	Conclusion générale	58
	Références	59
	Références des Figures	61

Liste des Figures

Figure 1 Machine à vapeur lors de la première Révolution industrielle	5
Figure 2 Chaîne de montage au cours de la seconde révolution industrielle	6
Figure 3 Bras robotisés dans l'industrie automobile	7
Figure 4 Les technologies de l'industrie 4.0	8
Figure 5 Structure d'un système automatisé	21
Figure 6 Les types d'information des capteurs	22
Figure 7 automate programmable industriel API	23
Figure 8 Station Traitement	25
Figure 9 table indexation rotative	27
Figure 10 Module de test	27
Figure 11 Module de forage	28
Figure 12 Station Buffer	30
Figure 13 Les modules d'un API S7-300	33
Figure 14 CPU de deux API S7-300 de Siemens	34
Figure 15 pupitre de commande	35
Figure 16 Logo de SIMATIC Manager STEP7 V5.x	41
Figure 17 Assistant de STEP7	42
Figure 18 CPU existantes dans l'assistant de STEP7	42
Figure 19 Nouveau Projet	43
Figure 20 Ajouter une nouvelle station	44
Figure 21 Fenêtre de configuration matérielle	44
Figure 22 Ajout du Rack	45
Figure 23 Comment ajouter une alimentation	46
Figure 24 Comment ajouter notre CPU	46
Figure 25 Configuration des adresses IP pour le câble Ethernet	47
Figure 26 Configuration réseau	47
Figure 27 Projet STEP7 est prêt à être utilisé	48
Figure 28 Lancement de table mnémorique	48
Figure 29 Table des Mnémoniques	50

Figure 30 Modélisation graphique de la station de production	51
Figure 31 Démarrer la Simulation	52
Figure 32 Séquence du programme dans l'étape Step2	52
Figure 33 Séquence du programme dans l'étape Step7	53
Figure 34 Interface de WinCC flexible	53
Figure 35 Un projet dans WinCC flexible	54
Figure 36 Sélection du pupitre	54
Figure 37 Création des éléments d'entrées et sorties	55
Figure 38 Conception du processus de la station de production	55

Liste des Tableaux

Tableau 1 Capteurs de la station de traitement	29
Tableau 2 Actionnaires de la sous station de traitement	29
Tableau 3 Capteurs de la station buffer	31
Tableau 4 Actionneurs de la station buffer	31
Tableau 5 Capteurs de pupitre de commande	35
Tableau 6 Actionneurs de pupitre de commande	36
Tableau 7 Variables à déclarer dans la Table des variables	49

Introduction générale

La nouvelle génération d'industrie ou ce qu'on appelle l'industrie 4.0 correspond à une nouvelle façon de gérer et d'organiser les outils et les équipements de production. Cette nouvelle génération d'industrie est représentée comme l'hybridation du monde virtuel du développement et de la conception numérique, de l'organisation et la gestion des entreprises avec les produits, les outils et les objets du monde réel.

La quatrième révolution industrielle a d'immenses promesses dont on peut citer sont la séduction des clients et des consommateurs avec des produits personnalisés et uniques, avec des faibles volumes de fabrication tout en maintenant des bénéfices. La génération quatre de l'industrie permet une production intelligente « smart production » en anglais où les clients peuvent durant les phases de conception et fabrication, interagir avec les machines. Pour cela il faut avoir un système de contrôle et d'acquisition de données (SCADA) très performant et puissant.

Les systèmes SCADA sont utilisés par toutes les entreprises de production modernes afin de contrôler leur processus industriel localement ou à distance, cela permet l'interaction direct sur avec leurs équipements comme les capteurs, les vérins les moteurs entre autres. Ils peuvent commander et contrôler des systèmes industriels automatiquement via des bases de données. Ces bases de données permettent de surveiller le comportement des systèmes industriels en temps réel et de sauvegarder les données reçus pour faire des évaluations et des traitements ultérieurement, sur les différents équipements et objets du système de production.

Un système SCADA comporte plusieurs éléments matériels et logiciels, la partie matériel peut contenir les automates programmables industriel (API), les capteurs, les unités terminales distantes (RTU), ces équipements communiquent entre eux via des systèmes de communications diverses afin de faire circuler les informations et les données qui seront recueillis, collectés, stockés et traités par la partie logiciel qui sera installer sur des ordinateurs dans des salles de contrôle où des opérateurs vont supervisés, commandés et contrôlés tous le systèmes de production grâce à des interface homme-machine IHM, ces dernière sont représentés généralement par des écrans pour que les opérateurs peuvent dialoguer avec le système.

Notre travail, va être focaliser sur la programmation et la supervision des systèmes de production modernes, exactement sur la programmation de sous-stations du système MPS de FESTO et de développer une interface homme machine IHM pour la supervision et le contrôle des sous stations programmées.

Notre mémoire est répartie en trois chapitres, Le premier chapitre va être consacré au développement et à l'automatisation des systèmes industriels, le second chapitre va parler de la composition générale des sous stations du système MPS de FESTO commandés par des automates programmables de type S7-300 de Siemens et des outils de programmation et de supervision qu'on va utiliser. Dans le dernier chapitre on va expliquer comment on va programmer et simuler le programme avec le logiciel STEP7 de Siemens et les différentes étapes à suivre pour développer l'interface homme machine avec le logiciel WinCC de Siemens également. Le mémoire va être terminé par une conclusion générale.

Chapitre 1

Développement et évolution de l'industrie

5 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons aborder le développement et l'évolution de l'industrie depuis son apparition au 18^{ème} siècle jusqu'à nos jours. Depuis la première révolution industrielle à la fin du 18^{ème} siècle, l'industrie a subi un développement progressif et continu et a apporté de nombreuses contributions à différentes industries tout en maintenant la bonne qualité et les bonnes fonctions du système construit.

L'industrie a connu jusqu'à maintenant quatre générations, qui dépendent de plusieurs facteurs dont on peut citer : les types d'énergie qu'utilise chaque génération d'industrie, les degrés et les niveaux d'automatisation, les niveaux d'informatisation et de connectivités des équipements et des systèmes de production ainsi que les degrés de flexibilités de chaque système. Ce chapitre va aborder d'une manière plus au moins détaillée chaque génération ou révolution industrielle.

6 La progression de l'industrie au niveau de l'automatisation :

6.1 Les révolutions industrielles :

6.1.1 Première révolution industrielle :

La première révolution industrielle a eu lieu au milieu du XVIII^e siècle. Le point de départ a été l'introduction d'équipements de production mécaniques utilisant l'eau et la vapeur comme premier métier à tisser en 1784. La mécanisation de la main-d'œuvre a conduit à la première industrialisation des industries du textile et de l'acier. Les nouvelles machines exigent d'importants investissements en coûts d'achat et de production, inabordables à l'époque pour les artisans ordinaires, la séparation de la propriété et des services (auparavant inséparables). A cette même époque, ces machines ont grandement amélioré la main-d'œuvre, et les artisans traditionnels et indépendants dépourvus de tels équipements ne peuvent résister, l'incitant à promouvoir leur indépendance et à devenir de simples opérateurs effectuant des tâches. Dorénavant c'est le propriétaire de l'entreprise qui détermine les horaires de travail, les prix des produits, les équipements utilisés, les méthodes de travail, etc... [1].

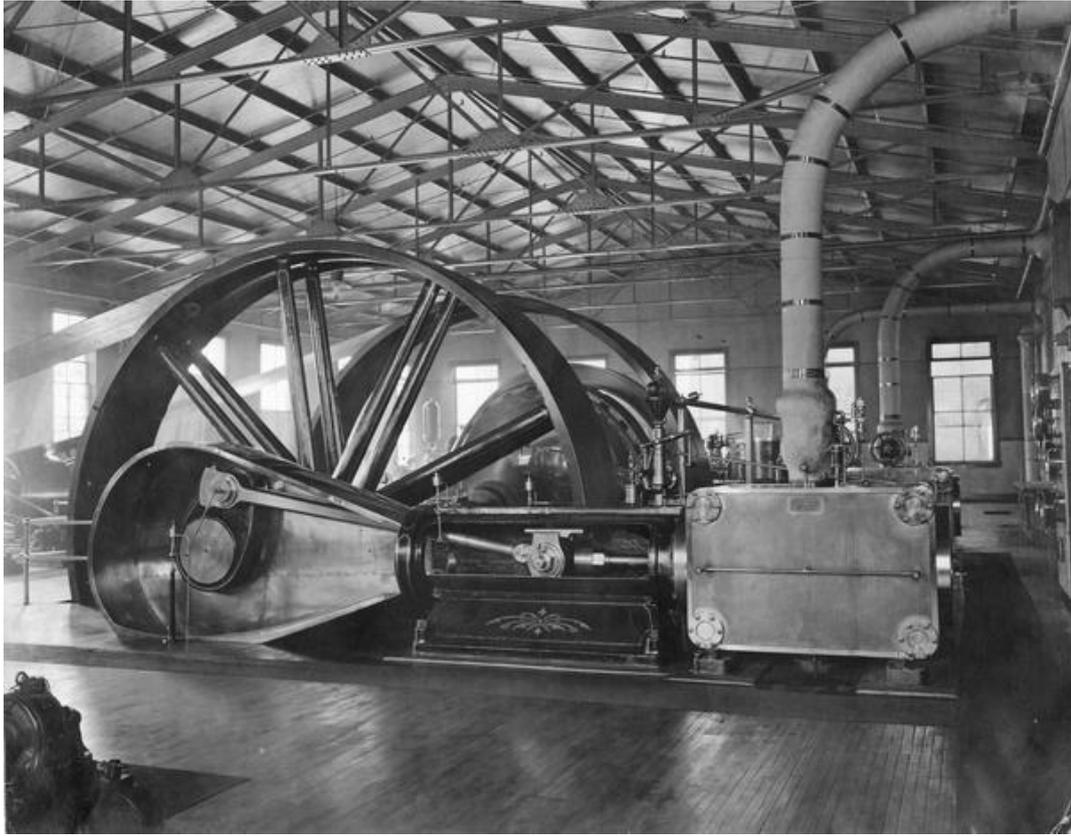


Figure 1 Machine à vapeur lors de la première Révolution industrielle [1]

6.1.2 Seconde révolution industrielle :

La seconde révolution industrielle a été un autre grand bond en avant dans la technologie et la société.

Des nouvelles innovations dans la production d'acier, de pétrole et d'électricité ont conduit à l'introduction d'automobiles et d'avions au grand public.

Cette révolution industrielle, qui a commencé au milieu du XIXe siècle (1850-1950). C'est une période de croissance pour les industries préexistantes et d'expansion de nouvelles industries, comme celles de l'acier, du pétrole et de l'électricité. Le développement de nouvelles technologies a conduit à l'introduction de deux choses qui allaient changer le monde : les transports publics et les avions. [2]

Au cours de la deuxième révolution industrielle, les méthodes de fabrication et de production existantes ont été améliorées. Par exemple, l'acier a remplacé le fer dans le secteur du bâtiment. Il était solide et bon marché. Ainsi, il a permis de construire des lignes de chemin de fer à un coût compétitif et de répartir les transports. L'acier a également facilité la construction de navires, de gratte-ciel et de ponts plus grands, en plus de l'apparition des premiers générateurs

électriques commerciaux efficaces dans les années 1870, ce qui a rendu possible l'électricité publique.

Sans certaines inventions de la deuxième révolution industrielle, certaines des façons dont nous communiquons aujourd'hui ne seraient pas possibles. Par exemple, en 1876, Alexander Graham Bell a inventé le téléphone. Plus tard, en 1901, Guglielmo Marconi a envoyé pour la première fois des ondes radio à travers l'océan Atlantique. [2]

Cette nouvelle génération d'industrie a donné des nouvelles opportunités aux entreprises, comme la production de masse, un flux de production élevé et une nouvelle structure organisationnelle ainsi qu'une optimisation en fonction de la productivité.

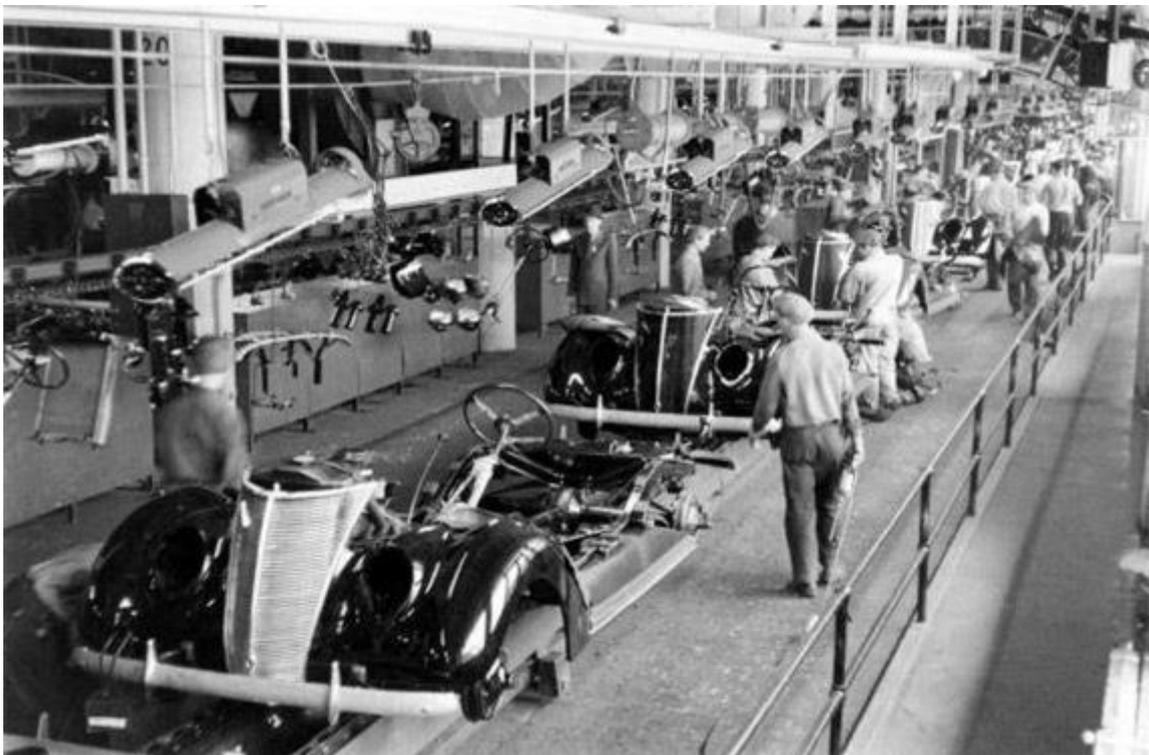


Figure 2 Chaîne de montage au cours de la seconde révolution industrielle [2].

6.1.3 Troisième révolution industrielle :

Avec la troisième révolution industrielle qui commence vers la seconde moitié du XXe siècle, nous assistons à l'émergence d'une autre source d'énergie, qui est l'énergie nucléaire. Cette troisième révolution a donné naissance à l'électronique, aux télécommunications et bien sûr aux ordinateurs. Grâce aux nouvelles technologies, la troisième révolution industrielle a ouvert les portes à la recherche scientifique dans de nouveaux domaines comme l'espace, les biotechnologies, l'intelligence artificielle entre autres. [3]

Dans le monde de l'industrie, deux inventions majeures, les automates programmables industriels (API) et les robots, ont contribué à l'avènement d'une ère d'automatisation de haut

niveau. Un autre exemple du grand potentiel des nouvelles technologies est l'introduction de la technologie d'impression 3D en 1983, qui a ouvert une nouvelle ère dans l'industrie et deviendra l'un des axes de développement de la technologie d'impression 3D. [1]



Figure 3 Bras robotisés dans l'industrie automobile [3].

7 Industrie 4.0 :

Aujourd'hui, une quatrième révolution industrielle s'appuie sur la troisième, grâce à la révolution numérique qui a eu lieu depuis le milieu du siècle dernier. Elle se caractérise par une fusion des technologies qui franchit les frontières entre les sphères physique, numérique et biologique. Il y a trois raisons pour lesquelles les transformations actuelles ne représentent pas simplement une évolution de la troisième génération de l'industrie mais l'arrivée d'une quatrième génération complètement différente et qui sont la vitesse, la portée et l'impact des systèmes. La vitesse avec laquelle évolue la quatrième révolution n'a pas de précédent historique par rapport aux révolutions industrielles précédentes, elle n'évolue pas à un rythme linéaire mais plutôt exponentiel. En outre sa portée influence presque toutes les industries de tous les pays, enfin pour son impact sur les systèmes industriels, elle annonce une transformation entière et profonde des systèmes de production, de gestion et de gouvernance existants. [4]

La quatrième révolution industrielle représente une nouvelle étape dans l'organisation et le contrôle de la valeur de la chaîne industrielle. Les systèmes cyber-physiques constituent la base de cette nouvelle révolution industrielle comme exemple on peut citer les machines intelligentes. Ils utilisent des systèmes de contrôle modernes, disposent de systèmes logiciels intégrés et

d'adresse internet pour se connecter et être adressés via l'internet des objets. De cette façon, les produits et les moyens de production sont mis en réseau et peuvent communiquer, ce qui permet de nouvelles méthodes de production, de création de valeur et d'optimisation en temps réel. Les systèmes cyber-physiques créent les capacités nécessaires aux usines intelligentes. Ce sont les mêmes capacités que celles que nous connaissons grâce à l'Internet industriel des objets, comme la surveillance à distance ou le suivi et la localisation.

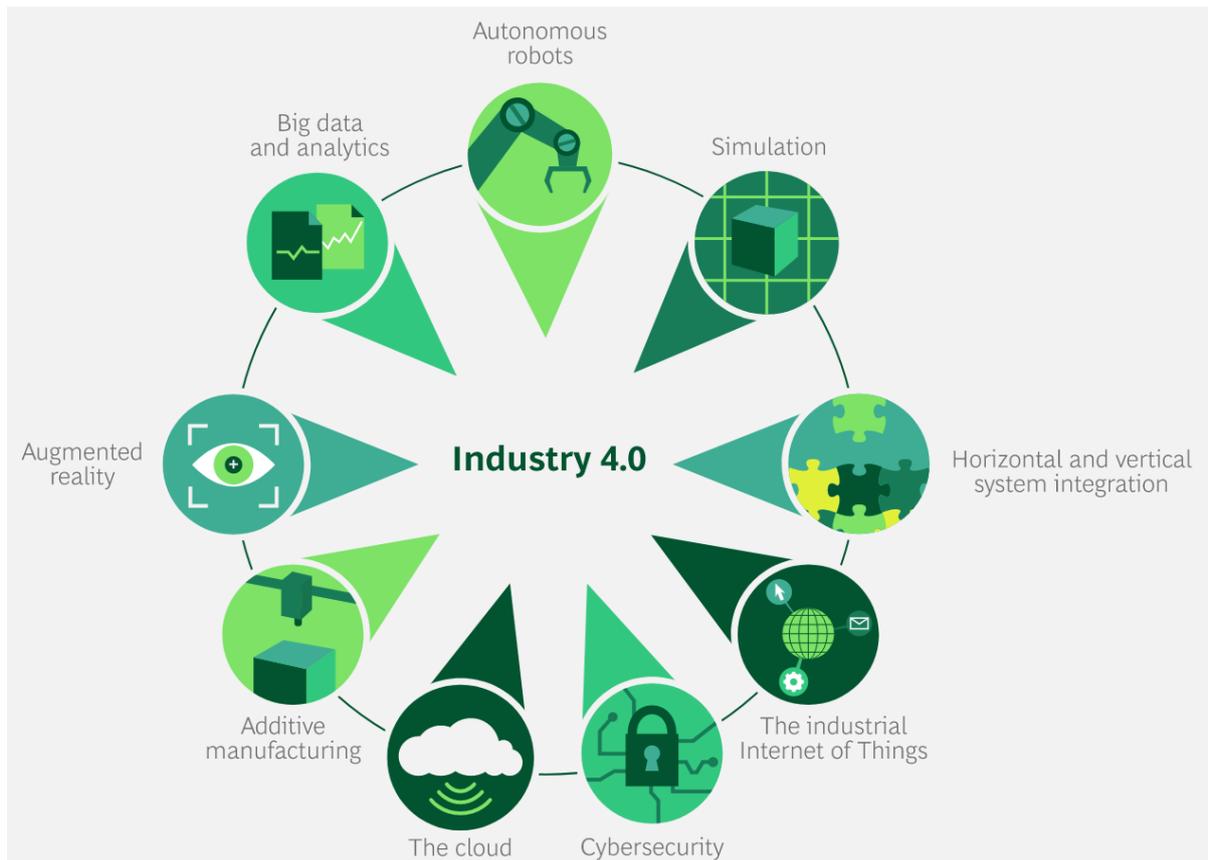


Figure 4 Les technologies de l'industrie 4.0 [4].

7.1 Origine et définitions :

Le terme "Industrie 4.0" provient d'un projet de la stratégie de haute technologie du gouvernement allemand, qui favorise l'informatisation de la fabrication. Le gouvernement allemand a créé la plate-forme Industrie 4.0 pour soutenir les PME allemandes en les aidant à comprendre et à exploiter les stratégies d'Industrie 4.0 et des opportunités, notamment dans les domaines de la normalisation et des normes, de la sécurité, des cadres juridiques, la recherche et la transformation de la main-d'œuvre.

L'industrie 4.0 est un concept global ainsi qu'une nouvelle tendance dans le secteur manufacturier, basée sur l'intégration d'un ensemble de technologies qui permettent de créer des écosystèmes intelligents, autonomes et des usines décentralisées ainsi que des produits et services

intégrés. Le terme "industrie 4.0" est liée à la collecte et à l'application intelligentes de données et d'informations en temps réel par la mise en réseau de tous les éléments individuels, de manière à réduire la complexité des opérations, à accroître l'efficacité et l'efficience, et de réduire les coûts à long terme.

Elle est souvent décrite comme la numérisation ou l'automatisation à grande échelle. Elle est aussi parfois définie dans la relation avec les technologies émergentes, les progrès dans le domaine de l'Internet des Objets (IoT - Internet of Things), des mégadonnées (Big Data) et d'analyse des données, de la robotique, des systèmes autonomes, des capteurs et de l'automatisation et des méthodes de production, comme l'impression 3D. [5]

L'industrie 4.0 est un changement de modèle, passant de la fabrication et de la production intelligentes centralisées à celles décentralisées. Il fait référence à l'informatisation de la fabrication et à la création d'usines intelligentes. Les objets physiques sont intégrés de manière transparente dans le réseau d'information. Les systèmes de fabrication sont reliés verticalement aux processus commerciaux au sein des usines et des entreprises, et horizontalement à des réseaux de valeur dispersés dans l'espace qui peuvent être gérés en temps réel du moment où une commande est passée jusqu'à la logistique.

Avec la version quatre de l'industrie la distinction entre l'industrie et les services devient floue. Les technologies numériques sont liées aux produits et services industriels en produits hybrides qui ne peuvent être définis exclusivement comme des biens ou des services. Dans les usines intelligentes à structure modulaire, les systèmes cyber-physiques (CPS cyber-physical systems) et les réseaux surveillent les processus physiques, créant une copie virtuelle du monde physique et prenant des décisions décentralisées. [5]

Grâce à l'Internet des objets, les systèmes cyber-physiques communiquent et coopèrent entre eux et avec les humains en temps réel par l'intermédiaire de l'Internet des services (IoS Internet of Services). Des services internes et inter-organisationnels sont offerts et utilisés par les participants à la chaîne de valeur et des données intelligentes sont collectées et traitées tout au long du cycle de vie des produits. Cela permet d'optimiser les chaînes d'approvisionnement et les modèles de distribution intelligents et flexibles, ainsi que l'utilisation efficace et optimisée des machines et des équipements. Les entreprises sont en mesure de prendre des décisions plus rapides et plus intelligentes, de répondre rapidement aux demandes des clients, tout en minimisant les coûts. [5]

7.2 Les principales technologies de l'industrie 4.0

La technologie numérique de pointe est déjà utilisée dans la fabrication, mais avec l'Industrie 4.0, elle transformera la production. Elle conduira à une plus grande efficacité et changera les relations de production traditionnelles entre les fournisseurs, les producteurs et les clients, ainsi qu'entre l'homme et la machine. Neuf tendances technologiques sont les pierres angulaires de l'Industrie 4.0. [6] Certaines de ces neuf technologies sont déjà utilisées dans la fabrication, mais avec l'Industrie 4.0, elles travailleront ensemble pour transformer la production, car des cellules isolées et optimisées se réunissent pour former un flux de travail entièrement intégré, automatisé et optimisé. Sans ordre d'importance particulier, jetons un coup d'œil à ces neuf technologies. [7]

7.2.1 Big Data et analyses (Big Data Analytics) :

Une quantité infinie de données est créée chaque jour dans les usines de fabrication, mais tous les fabricants ne savent pas comment les utiliser, ni même les collecter. Les fabricants qui apprennent à exploiter la puissance des "Big Data" ou des vastes ensembles de données recueillies dans toute une série de secteurs d'activité, peuvent utiliser ces données pour révéler des modèles et des tendances dans les opérations, en particulier en ce qui concerne le comportement et l'interaction humains, afin de prendre des décisions commerciales et de marketing plus éclairées et mieux informées et de découvrir des modèles cachés, des corrélations inconnues, des aptitudes du marché, des préférences des clients et d'autres données et informations utiles aux entreprises, les big data et l'analyse peuvent aider de plusieurs manières comme : [8]

- **Le suivi de la qualité des produits et des opérations :** Les Big Data fournissent un aperçu de chaque étape de la production. En installant des capteurs sur les équipements, les travailleurs sont en mesure de voir et de réagir rapidement aux perturbations, voire de les prévoir, afin d'assurer un déroulement correct et sans heurts de la production. Cette sensibilisation accrue permet de réduire les défauts et les pannes de machines, ainsi que d'améliorer la qualité des produits.
- **Favoriser l'amélioration continue :** Lors de la collecte et de l'analyse des données de la chaîne d'approvisionnement, les domaines nécessitant des améliorations deviennent rapidement apparents. Les grandes données peuvent contribuer à informer et à orienter les décisions et les changements stratégiques de l'entreprise, en lui ouvrant la voie du succès. Grâce à ces données en temps réel, les travailleurs peuvent apporter plus rapidement des

changements pour améliorer l'efficacité et la qualité, ce qui permet de réduire les défauts et d'augmenter la rentabilité.

- **Permettre la prévision de la demande :** Après avoir recueilli des données pendant un certain temps, les fabricants peuvent se pencher sur le passé pour identifier les tendances du comportement des clients et utiliser ces informations pour prévoir la demande future. En utilisant ces données pour se préparer, les niveaux de stock peuvent être réduits et les pénuries peuvent être évitées.

7.2.2 Robots Autonomes :

L'automatisation facilite le travail des hommes en utilisant des machines, des robots et des systèmes de contrôle pour automatiser les tâches. Ces puissantes innovations, qui favorisent la qualité, l'engagement des employés et la réduction des coûts, deviennent essentielles pour les fabricants qui cherchent à construire des usines "intelligentes" innovantes afin d'améliorer leurs processus pour augmenter leurs résultats, dans un environnement commercial de plus en plus concurrentiel. La robotique et l'automatisation peuvent y contribuer à l'industrie 4.0 par : [9]

- **Augmenter la sécurité :** De nombreux environnements de fabrication comportent des éléments dangereux, allant des machines et du levage de charges lourdes aux produits chimiques toxiques, qui peuvent facilement entraîner des problèmes de sécurité pour les travailleurs. Pour éliminer cet élément de risque, les robots et l'automatisation peuvent être utilisés pour remplacer les travailleurs dans ces zones particulièrement dangereuses et leur permettre d'occuper des postes plus sûrs. En plaçant les robots dans ces positions, le risque d'erreur humaine est également supprimé, ce qui contribue à améliorer encore la qualité et la sécurité.
- **Permettant un meilleur développement des employés :** En retirant les travailleurs des environnements dangereux, on leur permet d'assumer de nouvelles tâches plus avancées. Compte tenu de l'immense pénurie de talents à laquelle sont confrontés les fabricants, cela peut contribuer à combler les lacunes dans la production en utilisant l'automatisation pour des tâches manuelles simples et en permettant aux employés d'acquérir des compétences pour des postes plus nécessaires. En outre, le fait d'offrir aux travailleurs de nouvelles opportunités plus qualifiées renforcera leur engagement et leur loyauté envers l'entreprise, ce qui contribuera à soutenir les efforts de fidélisation des employés.

- **Améliorer l'efficacité et éliminer les variations :** Une fois l'erreur humaine et la variation éliminées de certaines parties de la production, la qualité et l'efficacité connaîtront un essor considérable. Les améliorations dans ces domaines peuvent se traduire par d'énormes économies pour les fabricants, car la robotique et l'automatisation éliminent efficacement les variations dans la production et contribuent à réduire le temps nécessaire à l'accomplissement des tâches.

7.2.3 Simulation et Emulation :

Lorsqu'il s'agit de la conception des pièces ou des processus de production, il y a toujours place à l'amélioration. Le défi pour les fabricants est de savoir ce qu'il faut changer pour obtenir les meilleurs résultats. Un logiciel de simulation peut les aider dans cette tâche. Grâce aux simulations, les fabricants peuvent créer des représentations virtuelles d'une pièce ou d'un processus sur un ordinateur. Cela permet aux entreprises de valider un produit, un processus ou une idée de l'améliorer sans avoir à engager la totalité des dépenses au départ.

L'industrie moderne a besoin de la simulation qui peut :

- Apporter des améliorations dans l'installation, sans avoir à déplacer inutilement des machines lourdes. Grâce à la simulation, les fabricants n'ont plus à interrompre la production et à déplacer des équipements lourds pour savoir si la productivité peut être améliorée. Au lieu de cela, le logiciel de simulation permet aux fabricants de tester virtuellement différentes dispositions de leurs installations afin de déterminer quel est l'agencement optimal. Des conditions réelles peuvent également être testées pour simuler des situations pouvant survenir en production et analyser leur déroulement.
- Améliorer l'efficacité globale de la production. Une fois que les fabricants ont réorganisé les équipements en fonction de la simulation pour optimiser les processus, ils commenceront rapidement à constater des améliorations en matière de délais, de productivité et de gaspillage. Il s'agit là de progrès qui, autrement, auraient été beaucoup plus longs, coûteux, voire impossibles à réaliser sans l'aide de la simulation.
- Tester les nouvelles pièces avant d'investir. Tout comme l'impression 3D, la simulation permet aux fabricants de développer et de perfectionner la conception de nouvelles pièces avant d'investir des ressources inutiles. Cela permet de réaliser des économies et d'améliorer la qualité des conceptions. [10]

7.2.4 L'Internet des objets industriel (Internet of Things):

L'Internet des Objets IdO (IoT Internet of Things) implique l'utilisation de capteurs et de technologies de communication pour collecter et partager les données de manière plus efficace. Grâce à ce niveau accru d'interconnectivité, les usines peuvent fonctionner comme une machine bien huilée, la technologie dans tous les domaines communiquant entre elles en temps réel pour créer un environnement de visibilité et de productivité complètes.

Fournir une visibilité en temps réel des opérations. Quelle est l'efficacité de vos processus ? Quand votre prochaine machine va-t-elle tomber en panne ? D'où proviennent la plupart des défauts ? L'IdO permet de répondre à ces questions et à bien d'autres encore. En intégrant des technologies telles que des capteurs dans l'usine, les informations clés sur les opérations peuvent être communiquées directement aux travailleurs sur le moment. Ces données permettent aux fabricants de mieux comprendre les différents éléments de la production, ce qui leur permet de prévoir quand les machines sont sur le point de tomber en panne, de localiser les sources de goulots d'étranglement et d'identifier les domaines de production qui peuvent être améliorés.

Optimiser les performances. Une fois que les fabricants ont accès à ces données utiles, ils peuvent répondre à tous les problèmes de production, ce qui leur permet d'éviter ou de minimiser tous les impacts négatifs. De nouveaux niveaux de productivité et d'efficacité peuvent être atteints car les fabricants disposent désormais des outils nécessaires pour mieux utiliser les ressources, améliorer la sécurité sur le lieu de travail et optimiser la qualité de la production. [11]

7.2.5 Intégration système :

à travers les données collectées big data

La collecte et l'analyse des données sont plus faciles que jamais. Grâce à l'intégration des systèmes, les fabricants peuvent utiliser des logiciels de gestion d'entreprise comme les systèmes de planification des ressources de l'entreprise (ERP) pour collecter, stocker, gérer et comprendre les données provenant de divers domaines. Cela permet essentiellement de centraliser toutes les données recueillies dans l'ensemble de l'organisation, ce qui simplifie et rend plus efficace la gestion des données et accroît la transparence des opérations commerciales en général. L'intégration des systèmes permet de fournir des informations à ceux qui en ont besoin, là où ils en ont besoin et quand ils en ont besoin.

L'intégration système fournit un lieu unique et centralisé pour la collecte des données. De nombreux fabricants ne collectent pas du tout de données, ou en possèdent mais ne savent pas comment les utiliser, ce qui les rend inutiles. L'intégration des systèmes permet de résoudre ces problèmes en fournissant une source de données unifiée aux fabricants, ce qui leur permet de voir toutes les données collectées en un seul endroit. À partir de là, les données peuvent être plus facilement comparées et analysées pour éclairer la prise de décision stratégique en aval.

Elle peut améliorer la visibilité de la planification, de l'ordonnancement et des performances de l'entreprise. La plupart du temps, la collecte de données et la stratégie globale de l'entreprise sont oubliées dans l'environnement quotidien. Grâce à l'intégration des systèmes, les fabricants peuvent rapidement recevoir des informations de tous les niveaux des opérations commerciales afin de maintenir un bon équilibre entre la gestion quotidienne et la conduite des initiatives futures. Les données de l'entreprise étant automatiquement collectées et présentées par le logiciel, les fabricants sont en mesure d'identifier les domaines nécessitant des améliorations et peuvent fixer des objectifs de performance réalistes pour l'avenir. [12]

7.2.6 Le Cloud Computing :

Pour de nombreuses organisations, essayer de trouver la bonne information au bon moment, c'est comme essayer de trouver une aiguille dans une botte de foin. Le fait de ne pas disposer de certaines informations peut avoir de graves conséquences pour les fabricants, et des facteurs tels que la qualité, la sécurité et la productivité peuvent être mis en péril. En utilisant l'informatique dématérialisée, ces risques sont éliminés.

Le cloud computing implique le stockage et l'accès aux données et aux applications logicielles par le biais de la connectivité internet. Il s'agit d'une méthode plus rapide, plus sûre et plus efficace pour localiser les informations d'une entreprise. Toutes les données étant conservées au même endroit, les fabricants peuvent trouver exactement ce dont ils ont besoin, quand ils en ont besoin. [14]

Cela permet un accès plus rapide et plus facile à l'information. Les organisations qui transfèrent toutes les données stockées dans le nuage peuvent accéder instantanément à tout type d'information, quand elles en ont besoin. Les données étant disponibles dans un seul endroit numérique, les employés peuvent facilement trouver les informations spécifiques dont ils ont besoin sans avoir à passer du temps à trier des dossiers physiques sans fin. L'accélération de ce processus permet ensuite aux travailleurs de passer plus de temps à se concentrer sur la réalisation d'objectifs commerciaux plus importants.

Le cloud permet aussi de renforcer la collaboration, car l'utilisation du cloud pour le stockage des données peut accroître considérablement la capacité des fabricants à collaborer. En créant un seul centre de données auquel tous les travailleurs peuvent accéder, le cloud computing favorise un environnement plus propice à la collaboration entre les utilisateurs de différents sites ou services.

7.2.7 La cybersécurité :

Le risque de cyber-attaque augmente au fur et à mesure que l'interconnectivité et l'utilisation de la collecte, du stockage et de la transmission de données électroniques augmentent. Avec l'adoption accrue de la norme Industrie 4.0 et le nombre croissant d'organisations qui sont chaque jour la cible de vols, de dommages ou de perturbations informatiques, l'importance de la cybersécurité ne peut être ignorée.

La cybersécurité englobe toutes les mesures prises pour protéger une entreprise contre l'utilisation non autorisée de données électroniques. En protégeant l'ensemble du matériel, des logiciels et des informations contre les menaces internes et externes, les fabricants peuvent rester protégés et prospérer tout en tirant parti des avantages de l'internet des objets, de l'interconnectivité et d'autres technologies. Le rôle de la cybersécurité est de :

- **Protéger vos données contre les menaces :** La première étape pour établir la cybersécurité est de comprendre à quels types de risques vos données sont confrontées. Cela implique d'identifier les informations qui sont précieuses pour votre organisation et de localiser les points faibles de la sécurité dans vos systèmes. Grâce à ces informations, il est ensuite possible de prévoir - voire de prévenir - les éventuelles violations afin de minimiser les dommages associés à une attaque. [13]
- **Augmenter votre capacité de détection :** de réaction et de récupération. La mise en place d'un plan de réaction aux incidents pour savoir comment réagir à tout type d'attaque, qu'il s'agisse de logiciels malveillants, de phishing ou d'ingénierie sociale, pour augmenter les chances de survie de votre entreprise. Bien que les risques soient différents pour chaque type de technologie, il est important de disposer de plans de réaction pour s'assurer que toutes les bases de données sont couvertes avant une attaque.
- **Renforcer votre avantage concurrentiel :** La cybersécurité est devenue un facteur majeur pour acquérir et conserver des activités. Comme les violations de données qui se poursuivent à un rythme rapide, les entreprises veulent s'assurer qu'elles font affaire avec

une organisation protégée, ce qui leur donne l'assurance que l'on peut faire confiance à votre entreprise pour assurer la sécurité de leurs informations.

7.2.8 La fabrication additive (Impression 3D) :

Combien de fois votre entreprise jette-t-elle plus de matériaux que ceux utilisés pour créer une pièce ? Votre entreprise a-t-elle conçu, développé et construit un nouveau produit, pour découvrir ensuite que la conception est défectueuse après avoir investi beaucoup de temps et d'argent dans sa production ? Des réparations ont-elles été négligées sur une pièce d'une machine, faute de remplacement ? Dans chacun de ces cas, le problème peut être résolu grâce à la fabrication d'additifs.

La fabrication additive, souvent appelée impression 3D, est la pratique consistant à ajouter des couches de matériaux, tels que le plastique, le métal, le béton ou le bois, les unes sur les autres pour créer un produit. En raison des nombreux avantages et applications de cette pratique, qui comprend le prototypage rapide, les réparations, la réduction des déchets et une innovation plus flexible, la fabrication additive a rapidement gagné en popularité dans le monde de la fabrication.

Elle offre des possibilités d'outillage qui permet aux fabricants de créer des outils qu'il serait impossible, ou trop coûteux, de créer autrement avec les méthodes de fabrication traditionnelles. Grâce au processus de superposition des couches impliqué dans l'impression 3D, les pièces peuvent être fabriquées avec une plus grande résistance et durabilité, ce qui permet d'obtenir une pièce de meilleure qualité dans l'ensemble. Ce processus permet également de réduire les déchets créés, le matériau n'étant utilisé que lorsqu'il est nécessaire, plutôt que d'éliminer tout excès de matériau par une fabrication soustractive.

La fabrication additive permet aussi des réparations plus rapides. La rapidité et la flexibilité associées à la fabrication additive permettent aux fabricants de remplacer efficacement les pièces anciennes ou cassées des machines. Plutôt que d'aller chez un distributeur extérieur pour les réparations, toutes les pièces peuvent être créées en interne pour des remplacements plus rapides et plus faciles. Cette flexibilité donne également aux fabricants le pouvoir d'ajouter des pièces existantes pour prolonger leur durée de vie ou créer de nouveaux cas d'utilisation.

L'impression en 3D peut aussi améliorer le processus de prototypage, elle donne aux fabricants la possibilité de tester la fonctionnalité d'un modèle, sans avoir à attendre des semaines pour le produire selon les méthodes traditionnelles. Dans le passé, les longs délais de production ont largement empêché les fabricants d'investir dans l'innovation. Avec

l'impression 3D, ce n'est plus le cas. La plupart des imprimantes sont capables d'imprimer des pièces en quelques heures ou jours seulement, au lieu de semaines ou de mois. Cela permet aux fabricants de tester efficacement de nouveaux produits et d'apporter des modifications là où elles sont nécessaires avant de s'engager dans une conception, ce qui permet une plus grande flexibilité et une plus grande innovation dans la production. [15]

7.2.9 Réalité augmentée et réalité virtuelle :

Lors de la formation des employés, les entreprises sont souvent confrontées à la demande de ressources. Souvent, cela peut conduire à des raccourcis dans la formation, ce qui a un impact négatif sur la productivité, la qualité et la sécurité. En raison de l'incohérence de la formation, la manière dont chaque travailleur exécute une tâche varie, ce qui peut entraîner des résultats imprévus et une mauvaise compréhension de la cause première. Pour résoudre ces problèmes liés à la formation, ainsi que les imprévus, la réalité augmentée et virtuelle peut aider.

La technologie de réalité augmentée (RA) superpose des images générées par ordinateur à la vision du monde de l'utilisateur, incorporant ainsi des informations supplémentaires dans l'environnement réel. La technologie de réalité virtuelle (RV) permet une immersion complète dans des environnements simulés en trois dimensions avec lesquels l'utilisateur peut interagir de manière apparemment réelle en utilisant un équipement électronique spécial, comme un casque avec un écran à l'intérieur ou des gants munis de capteurs.

Elles fournissent des applications de formation complètes et immersives. Avec les technologies de RV et de RA, les employés peuvent être formés selon une "meilleure pratique" standard, qui se répétera sans faille et ne changera pas avec le temps et la traduction. L'utilisation des ressources peut être réduite au minimum et les résultats peuvent être suivis automatiquement pour garantir que les associés sont correctement formés selon une norme de performance, de qualité et de sécurité. Cela contribue à faciliter le transfert de connaissances entre les employés. Cela permet également de s'exercer à différents scénarios qui pourraient se produire en production afin de s'assurer que les membres de l'équipe savent comment relever divers défis.

Elles permettent aussi de guider les travailleurs à travers les processus de réparation et d'exploitation. Les fabricants qui investissent un temps excessif dans la réparation des équipements peuvent trouver de l'aide en matière de RA et de RV. Ces innovations permettent aux entreprises d'entretenir régulièrement les équipements, sans avoir besoin d'un manuel de formation ou d'un catalogue de pièces détachées. Grâce à la superposition de toutes les informations sur la machine par le biais d'une simulation, les travailleurs peuvent plus

facilement et plus efficacement remplir les instructions étape par étape pour réparer, mettre en marche ou arrêter l'équipement. [16]

8 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé le développement et l'évolution de l'industrie, en donnant un historique sur les différentes révolutions industrielles de la première qui commença vers 1784 et qui utilisait des équipements de production mécaniques utilisant l'eau et la vapeur comme source d'énergie, cette première révolution visait la mécanisation de la main-d'œuvre. La seconde révolution qui débuta vers l'année 1870 avait comme objectif la production de masse et l'assemblage en ligne en utilisant la nouvelle source d'énergie de l'époque qui est l'électricité. La troisième révolution a démarré en 1969 avec le développement des microprocesseurs et des circuits intégrés l'électronique est devenue la nouvelle science qui sera utilisée dans cette nouvelle génération d'industrie dont son but était l'automatisation, en utilisant la puissance de calcul des ordinateurs. La dernière révolution industrielle, appelée industrie 4.0 qui a vu le jour en 2011 en Allemagne est l'industrie qui utilise toute la puissance et les avantages de l'industrie 3.0 en ajoutant la puissance de l'internet et la connexion de tous les objets entre eux pour avoir des cyber-systèmes qui seront beaucoup plus intelligents à traiter les informations et les problèmes en temps réel.

Dans le chapitre qui va suivre, on va entamer les technologies que nous allons utiliser pour réaliser notre travail et qui sont les automates programmables industriels et l'acquisition et la supervision des systèmes industriels SCADA.

Chapitre 2

Systemes automatisés de

PRODUCTION

&

Systeme MPS de FESTO

1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous connectons la partie théorique du chapitre précédent avec la partie expérimentale du chapitre suivant. Nous aborderons les différents outils utilisés pour mettre en œuvre le projet, qu'il s'agisse de matériel tel que MPS et ses différentes stations, ou de logiciels tels que WinCC, STEP 7.

2 Les systèmes automatisés :

En termes de coût et de temps, les systèmes d'automatisation et de surveillance jouent un rôle clé dans l'augmentation de la productivité. La maîtrise de tels systèmes permet à l'entreprise de gérer le processus de production pour répondre aux besoins des clients et du marché. L'introduction de l'API automate programmable industriel est l'outil de base pour automatiser ces systèmes de production, son intégration améliore également la fiabilité des équipements et offre une grande adaptabilité aux changements environnementaux. Notre objectif décrit généralement la structure du système d'automatisation et ses principaux composants, mais présente également les différentes parties ou modules de l'automate programmable. [17]

2.1 Définition :

Un système d'automatisation est un composant qui décide et prend des mesures après avoir reçu des instructions d'un opérateur, remplaçant ainsi des personnes. Ce remplacement peut accélérer l'exécution, améliorer la régularité des résultats et éviter à la personne d'effectuer des tâches lourdes. [17]

2.2 Objectifs de l'automatisation :

L'automatisation est utilisée pour remplacer les systèmes logiques câblés (Les relais câblés) par des dispositifs électroniques programmables qui conviennent aux environnements industriels qui exécutent des fonctions automatisées pour garantir que les pré-actionneurs et les actionneurs sont contrôlés par des informations ou des commandes logiques analogiques. Digitalisation et suivi en temps réel des processus industriels. L'objectif de l'automatisation est :

- Améliorer la productivité et améliorer la qualité des produits.
- Élimine les travaux lourds et simplifie les travaux de maintenance.
- Augmentez la sécurité des installations et du personnel.
- Sauvegardez les matériaux.

2.3 Structure d'un système automatisé :

Un système d'automatisation est un ensemble d'éléments qui permet d'effectuer des opérations sans intervention de l'utilisateur. Le système d'automatisation est divisé en deux parties.

La partie contrôle : émettre des commandes et traiter les informations reçues, elle est composée d'un ordinateur (PC, API, etc.) ou de circuits électroniques.

La partie exécution : exécutez les commandes reçues de la partie contrôle (commandes pour traiter les matériaux de travail pour ajouter de la valeur) et effectuez toutes les opérations que le système doit effectuer. Schéma fonctionnel PC-PO montrant le système d'automatisation [18]

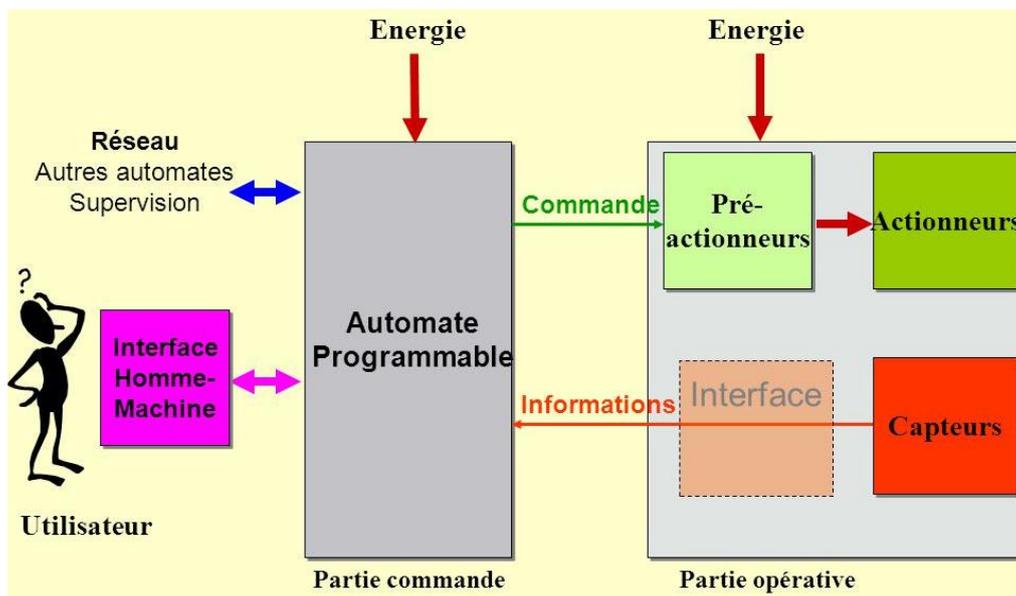


Figure 5 Structure d'un système automatisé. [5]

2.3.1 Partie Opérative (P.O)

- **Les actionneurs** : convertissent l'énergie d'entrée disponible sous une certaine forme (électrique, pneumatique, hydraulique) en une énergie utilisable sous une autre forme, par exemple :
 - Energie thermique destinée à chauffer un four (l'actionneur étant alors une résistance électrique).
 - Energie mécanique destinée à provoquer une translation de chariot (l'actionneur pouvant être un vérin hydraulique ou pneumatique).
 - Energie mécanique destinée à provoquer une rotation de broche (l'actionneur pouvant être alors un moteur électrique). [19]
- **Le pré actionneurs** : reçoivent les signaux de commande et réalisent la commutation de puissance avec les actionneurs. Le pré actionneurs des moteurs électriques sont appelés

contacteurs. Le pré actionneurs des vérins et des moteurs hydrauliques et pneumatiques sont appelés distributeurs (à commande électrique ou pneumatique). [19]

- **Les capteurs**, qui communiquent à la partie commande des informations sur la position d'un mobile, une vitesse, la présence d'une pièce, une pression. [19]

Les capteurs T.O.R. (tout ou rien), qui délivrent un signal de sortie logique, c'est à dire 0 ou 1. Exemple : détecteur de fin de course.

Les capteurs numériques, ou « incrémentaux », qui associés à un compteur, délivrent des signaux de sortie numérique. Exemple : capteur ou codeur incrémental utilisé pour la mesure des déplacements des chariots de machine à commande numérique.

Les capteurs analogiques, ou proportionnels » qui permettent de prendre en compte la valeur réelle d'une grandeur physique. Exemple : Sonde de température. [19]

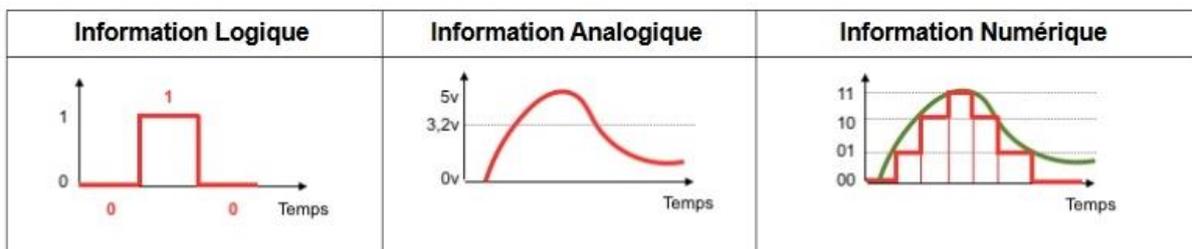


Figure 6 Les types d'information des capteurs [6]

2.3.2 Partie Commande (P.C) :

Également appelé "partie informatique", il contient tous les composants qui traite les informations nécessaires au bon fonctionnement des pièces en fonctionnement. -La partie commande communique avec l'opérateur via la console. -Les informations entre la partie commandent et la partie opération est souvent transmise Grâce à l'interface. [19].

2.3.3 Frontière PC – PO :

Il est situé entre les deux côtés du PO et du PC, utilisé pour traduire les commandes et les informations, ou il existe deux types d'échange d'informations entre le PC et le PO : Envoyer des commandes ou des signaux de commande au pré-actionneur PO. [19].

2.3.4 Interface Homme Machine :

Ils assurent la compatibilité entre les signaux circulant entre la section de commande et l'unité de commande. [19]

3 L'automate Programmable Industriel :

3.1 Définition :

Un automate programmable industriel (API) est un mini-ordinateur, réactif et robuste, qui comporte des entrées et des sorties analogique et numérique, utilisé pour l'automatisation des systèmes industriels comme la commande des machines numériques dans une cellule d'un atelier,

ou le pilotage de systèmes de maintenance automatique. Là où les anciens systèmes automatisés utilisaient des centaines ou des milliers de relais et de cames, un simple automate programmable suffit. [20]



Figure 7 automate programmable industriel API [7]

L'API est structuré autour d'une unité de calcul ou processeur (en anglais *Central Processing Unit*, CPU), d'une alimentation par des sources de tension alternative (AC) ou continue (DC), et de modules dépendant des besoins de l'application, tels que :

- Des cartes d'entrées - sorties (en anglais Input - Output, I/O) numériques (tout ou rien) pour des signaux à deux états ou analogiques pour des signaux à évolution continue
 - Cartes d'entrées pour brancher des capteurs, boutons poussoirs, etc.
 - Cartes de sorties pour brancher des actionneurs, voyants, vannes, etc.
- Des modules de communication obéissant à divers protocoles Modbus, Modbus Plus, Profibus, InterBus, DeviceNet, LonWorks, Ethernet, FIPIO, FIPWAY, RS232, RS-485, AS-i, CANopen, pour dialoguer avec d'autres automates, des entrées/sorties déportées, des supervisions ou autres interfaces homme-machine (IHM, en anglais Human Machine Interface, HMI), etc.
- Des modules spécifiques aux métiers, tels que comptage rapide, pesage, etc.
- Des modules d'interface pour la commande de mouvement, dits modules Motion, tels que démarreurs progressifs, variateurs de vitesse, commande d'axes.
- Des modules locaux de dialogue homme-machine tels qu'un pupitre (tactile ou avec clavier), un terminal de maintenance, reliés à l'automate via un réseau industriel propriétaire ou non et affichant des messages ou une représentation du procédé. [20].

3.1.1 La logique câblée

Le système de contrôle câblé est basé sur des panneaux qui contiennent différentes composantes, ce qui à leur tour sont employés pour interconnecter les cartes électroniques utilisées pour la tâche de contrôle. Chaque carte électronique est effectuée pour une tâche particulière qui est définie par le postérieur des panneaux ou par l'intermédiaire des composants électriques reliés entre elle par câblage. Également on peut trouver dans la commande câblée des composants tels que : Les relais électromécaniques, les relais statiques électroniques et les relais pneumatiques.

Difficultés et problèmes de la logique câblée

Il existe des difficultés la logique câblée qu'on peut citer, par exemple :

- la modification de la commande implique des modifications de câblage.
- La maintenance du système à logique câblée est difficile et prend beaucoup de temps.

3.1.2 La logique programmée :

À partir d'une certaine complexité, les relais électromécaniques et les relais statiques deviennent lourds à mettre en œuvre et le coût de l'automatisation est difficile à estimer. L'automate programmable évite de faire appel à l'ordinateur qui, lui a souvent des performances trop élevées pour le problème à résoudre et demande un personnel spécialisé. Particulièrement bien adaptés aux problèmes de commande séquentielle et d'acquisition des données, les API autorisent la réalisation aisée d'automatismes comprenant de quelques dizaines jusqu'à plusieurs milliers d'entrées/sorties [11].

3.2 Choix d'un automate programmable :

Il revient à l'utilisateur d'établir le cahier des charges de son système et choisir l'automate le mieux adapté aux besoins, en considérant un certain nombre de critères importants :

- ✓ Le nombre et la nature des entrées/sorties (numérique, analogique, etc.).
- ✓ La nature du traitement (temporisation, comptage, etc.).
- ✓ Le dialogue (la console détermine le langage de programmation).
- ✓ La communication avec les autres systèmes.
- ✓ Les moyens de sauvegarde du programme (Disquette, carte mémoire, etc.).
- ✓ La fiabilité et la robustesse.

En tenant compte des points cités précédemment, nous avons choisi comme système de traitement des informations, automate SIEMENS, S7- 300 [21].

3.3 Les avantages d'un automate programmable industriel :

L'API se caractérise par [13] :

- Une programmation qui offre un langage destiné à l'automaticien (et non celui de l'informaticien)
- Des possibilités de simulation et de visualisation qui apportent à l'utilisateur une aide efficace ;
- Une puissance de traitement et un ensemble de cartes spécialisées permettant un développement aisé d'applications particulières : communication, asservissement d'axes, régulation ;
- Des possibilités d'extension en termes d'entrées sorties ;
- La capacité de production accélérée
- L'aptitude à convenir à tous les milieux de production
- La souplesse d'utilisation

4 Description des stations :

Elle se compose de deux stations (Station de stockage temporaire (Buffer) et la station de traitement), qui est connecté entre eux avec un capteur optique.

Description opérationnelle de la station traitement : [22]

- Les pièces sont testées et traitées sur une table d'indexation rotative.
- Cette station utilise uniquement des entraînements électriques.
- La position de la table étant détectée par un capteur inductif.
- Sur la table d'indexage rotative, les pièces sont testées et percées dans deux processus parallèles. Une sonde magnétique avec un capteur inductif vérifie que les pièces sont insérées dans la bonne position.
- Pendant le perçage, la pièce à usiner est serrée par un actionneur. Les pièces finies sont acheminées via la porte de tri électrique



Figure 8 Station Traitement [8]

- **Conception et fonction [22]**

La station de traitement se compose des éléments suivants

- Module de table d'indexation rotative
- Module de test
- Module de forage
- Module de serrage
- Module porte de tri, électrique
- Plaque profilée
- Chariot
- Console de commande
- PLC

- **Conditions initiales :**

- ✓ Pièce à usiner dans le réceptacle « Entrée matériaux ».
- ✓ Induit de la bobine de contrôle en haut.
- ✓ Perceuse en haut
- ✓ Moteur de la perceuse désactivé.
- ✓ Dispositif de serrage rentré.
- ✓ Dérivation électrique pas actionné.

- **Procédure de fonctionnement de système :**

- ✓ Si une pièce à usiner est identifiée dans le réceptacle 1 et que la touche START est enfoncée, le plateau à indexation tourne de 60°.
- ✓ L'induit de contrôle se déplace vers le bas. Il est vérifié si la pièce à usiner est posée avec l'ouverture vers le haut. Si le contrôle s'avère positif, le plateau à indexation est tourné de 60°.
- ✓ Le dispositif de serrage serre la pièce. Le moteur de la perceuse est activé. L'axe linéaire déplace la perceuse vers le bas.
- ✓ Lorsque la perceuse a atteint sa position basse, elle est de nouveau déplacée vers sa butée supérieure par l'axe linéaire.
- ✓ Le moteur de la perceuse est désactivé, le dispositif de serrage est rentré. Le plateau à indexation est tourné de 60°.
- ✓ La dérivation électrique transmet la pièce à usiner à une station en aval.

Cette procédure décrit le passage d'une pièce à usiner dans la station d'usinage. La pièce se trouve dans la position de transfert à une station en aval. Une fois une pièce déposée dans le réceptacle 1, le cycle d'usinage peut être relancé.

- **Module de table d'indexation rotative :**

L'entraînement du module de table d'indexation rotative est commandé par un motoréducteur à courant continu. Les 6 positions des plaques tournantes sont définies par les vis de positionnement sur la table rotative et détecté au moyen d'un capteur inductif.

Chacun des 6 supports de pièce semi-circulaires de la plaque est pourvu d'un trou le centre pour faciliter la détection au moyen d'un capteur de proximité capacitif.

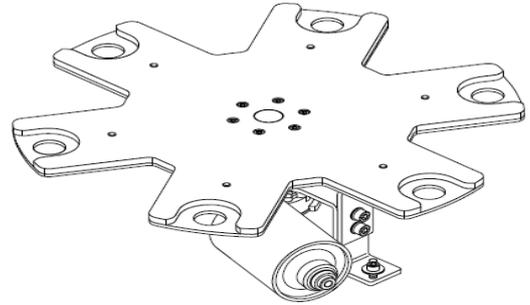


Figure 9 table indexation rotative [9]

- **Module de test :**

Une pièce insérée est vérifiée pour un positionnement correct. Si le trou pointe vers le haut, puis l'armature du solénoïde de test atteint sa position finale.

Un capteur de proximité inductif est actionné via un écrou à l'extrémité supérieure de l'armature.

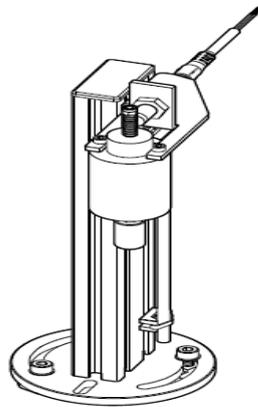


Figure 10 Module de test [9]

- **Module de forage :**

Le module de perçage est utilisé pour simuler le polissage du trou de la pièce.

Un dispositif de serrage électrique retient la pièce. Les actions d'avance et de retour de la perceuse sont effectuées au moyen d'un axe linéaire avec entraînement par courroie crantée.

Un motoréducteur électrique entraîne l'axe linéaire et un circuit de relais est utilisé pour activer le moteur.

Le moteur de la perceuse est actionné via 24 V DC et la vitesse n'est pas réglable. La détection de la position finale est effectuée au moyen de fins de course électriques.

L'approche des fins de course provoque une inversion du sens de déplacement de l'axe linéaire.

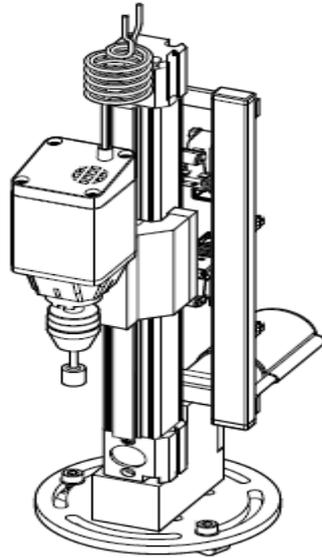


Figure 11 Module de forage [9]

- **Mise en service**

Les stations du système de production modulaire sont généralement livrées

- Complètement assemblé.
- Réglé opérationnellement comme station unique.
- Commissionné.
- Testé.

- **Remarque**

Si les stations sont combinées, les modifications de la configuration mécanique et de la position et le réglage des capteurs peuvent être nécessaires.

La mise en service est normalement limitée à un contrôle visuel pour garantir un tube correct connexions / câblage et alimentation en tension de service.

Tous les composants, tubes et câbles sont clairement marqués afin que toutes les connexions puissent être facilement rétablies

- **Les éléments suivants sont requis pour mettre en service la station MPS:**

- Poste de travail
- La station MPS assemblée et ajustée
- Une console de contrôle

- Une carte PLC
- Un bloc d'alimentation 24 V DC, 4,5 A
- Une alimentation en air comprimé de 6 bar (600 kPa), env. capacité d'aspiration de 50 l / min
- Un PC avec logiciel de programmation PLC installé

La station est caractérisée par des entrées et des sorties pour se positionner dans le cycle défini par l'automate. Pour une bonne description voilà leur identification qui seront illustrer dans un tableau descriptif :

LES CAPTEURS DE STATION TRAITEMENT

Tableau 1 Capteurs de la station de traitement

N°	Codes	Types	Utilités
01	Part_AV	capacitif	Pièce présente
02	B2	capacitif	Pièce à usiner à la perceuse
03	B1	capacitif	Pièce à usiner au dispositif de contrôle
04	1B1	électromécanique	Perceuse en haut
05	1B2	électromécanique	Perceuse en bas
06	B3	Inductif	Plateau à indexation positionné
07	IP_FI	Optique de Proximité	Station en aval libre
08	B4	Inductif	Fin de course de l'actionneur M5

LES ACTIONNEURS DE STATION TRAITEMENT

Tableau 2 Actionnaires de la sous station de traitement

N°	Codes	Types	Utilités
01	M3	électrique	Perceuse, moteur activé
02	M6	électrique	Commande de sélecteur Y3
03	T500	/	Faire tourner et porter les pièces
04	M2	électrique	Plateau à indexation, moteur activé
05	M1	électrique	Déplacer la perceuse vers le bas et vers le haut
06	M4	électrique	Serrer la pièce à usiner.
07	M5	électrique	Contrôler la pièce à usiner
09	Y3	électrique	Ejecter la pièce à usiner.
10	PA2	électrique	Distribution de l'énergie électrique

- **Description opérationnelle de la station Stockage temporaire Buffer : [23]**
 - ✓ La station buffer peut tamponner et séparer jusqu'à cinq pièces.
 - ✓ Des capteurs diffus au début du convoyeur détectent les pièces insérées.
 - ✓ Le processus est contrôlé par des barrières lumineuses en amont et en aval du séparateur : si le point de transfert est libre, le séparateur passe sur une pièce. Le séparateur est actionné par un vérin à course courte doté d'un mécanisme de déviation.
 - ✓ Les positions finales du vérin à course courte sont détectées à l'aide de capteurs de position finale



Figure 12 Station Buffer [10]

- **Conditions initiales :**

Aucune pièce à usiner présente en début de bande.

Séparateur sorti.

Moteur de la bande désactivé.

- **Procédure de fonctionnement de système :**

- ✓ La pièce à usiner est détectée, le moteur de la bande s'enclenche et la pièce à usiner est transportée jusqu'au séparateur.
- ✓ Si la pièce à usiner est identifiée par la barrière optoélectronique unilatérale, le moteur de la bande s'arrête.

- ✓ Si le poste de prélèvement est libre, le séparateur est commuté et le moteur de la bande est enclenché. La pièce à usiner est transportée jusqu'au poste de prélèvement.

Lorsque la pièce à usiner a atteint le poste de prélèvement, le moteur de la bande est désactivé et le voyant « Pièce au poste ».

La station est caractérisée par des entrées et des sorties pour se positionner dans le cycle défini par l'automate. Pour une bonne description voilà leur identification qui seront illustrer dans un tableau descriptif :

LES CAPTEURS DE STATION BUFFER

Tableau 3 Capteurs de la station buffer

N°	Codes	Types	Utilités
01	1M1	électrique	Étendre le séparateur
03	K1	électrique	Moteur de Convoyeur
04	PA2	électrique	Distribution de l'énergie électrique
05	PA1	Pneumatique	Distribution de l'énergie Pneumatique
07	FLR	Pneumatique	Filtre lubrifiant régulateur

LES ACTIONNEURS DE STATION BUFFER

Tableau 4 Actionneurs de la station buffer

N°	Codes	Types	Utilités
01	1B1	Electromagnétique	Indique que le séparateur est étendu
02	1B2	Electromagnétique	Indique que le séparateur est rétracté
03	B2	Optique à barrage	Pas de pièce au niveau de séparateur
04	B3	Optique à barrage	Pas de pièce à la fin de convoyeur
05	IP_FI	Optique de proximité	Station aval est libre
06	Part_AV	Optique de proximité	Pièce disponible

Les deux stations partagent les outils suivants :

- **Automate programmable :**

Réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'information

Un automate programmable industriel se compose de :

- ✓ **Module d'alimentation** : il assure la distribution d'énergie aux différents modules.
- ✓ **D'une unité de traitement** (Microprocesseur + Mémoire).
- ✓ **Interfaces d'entrées et de sorties** : elle permet de recevoir les informations du S.A.P et de commander les divers prés actionneurs et éléments de signalisation du S.A.P.
- ✓ **Modules de communication** : c'est lui qui assure la liaison entre le Pc et l'automate et les tables de commandes via des moyens de communications (ex Profibus, câble Ethernet, câble MPI...)

- **S7 300 :**

SIMATIC S7-300 est le système de mini contrôleur modulaire pour les plages de performances faibles et moyennes. Les applications possibles incluent le contrôle des emballages, des textiles et des machines spéciales. Une station S7-300 comprend un contrôleur central et - au besoin - jusqu'à trois périphériques d'extension.

Caractéristiques :

- Mini-automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme
- Gamme diversifiée de CPU
- Gamme complète de modules
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules
- Bus de fond de panier intégré aux modules
- Possibilité de mise en réseau avec – l'interface multipoint (MPI), - PROFIBUS ou - Industrial Ethernet.
- Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules
- Liberté de montage aux différents emplacements
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil "Configuration matérielle".

Les modules d'un API S7-300 :

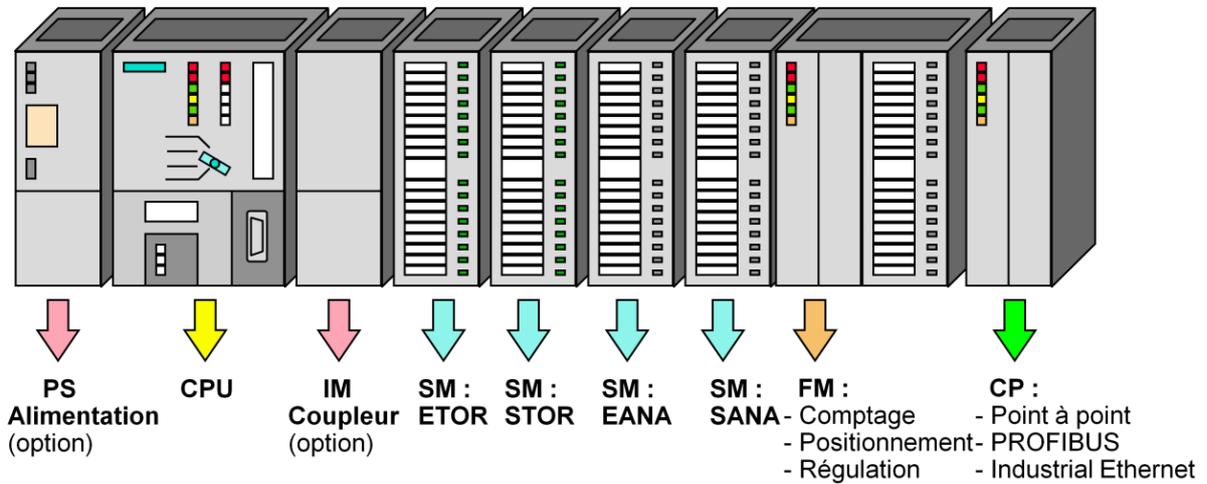


Figure 13 Les modules d'un API S7-300. [11]

- Modules de signaux (SM) :
- Modules ETOR : 24V=, 120/230V~
- Modules STOR : 24V=, Relais
- Modules EANA : tension, courant, résistance, thermocouple
- Modules SANA : tension, courant
- Coupleurs (IM) :
- Les coupleurs IM360/IM361 ou IM365 permettent de réaliser des configurations à plusieurs châssis.

Le bus est relié en boucle entre les différents châssis.

Module de réservation (DM) : Le module de réservation DM 370 occupe un emplacement pour un module signaux non paramétré. Cet emplacement est donc réservé, par exemple pour le montage ultérieur d'un coupleur.

Modules de fonction (FM) : Les modules de fonction offrent des « fonctions spéciales » :

- Comptage
- Positionnement
- Régulation

Modules de communication (CP) : Les modules de communication permettent d'établir des liaisons :

- Point-à-point
- PROFIBUS

- Industriel Ethernet.
- **Présentation de la CPU d'un API S7-300 de Siemens :**

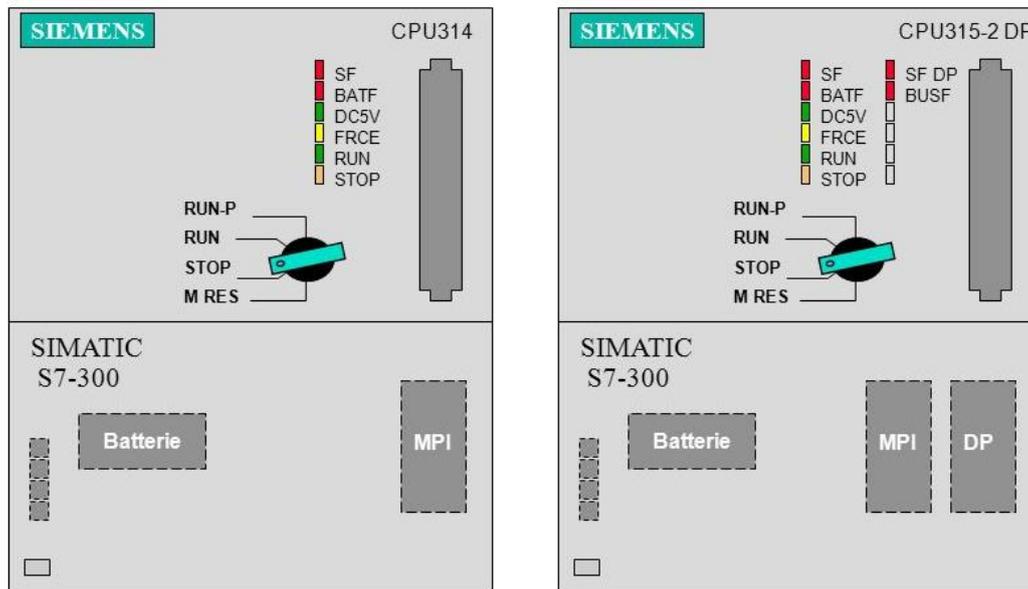


Figure 14 CPU de deux API S7-300 de Siemens. [12]

Commutateur de mode :

- **MRES** : Effacement général (Module Reset)
- **STOP** : Arrêt ; le programme n'est pas exécuté.
- **RUN** : Le programme est exécuté, accès en lecture seule avec une PG.
- **RUN-P** : Le programme est exécuté, accès en écriture et en lecture avec une PG.

Signalisation d'état (LED) :

- **SF** : Signalisation groupée de défauts ; défaut interne de la CPU ou d'un module avec fonction de diagnostic.
- **BATF** : Défaut de pile ; pile à plat ou absente.
- **DC5V** : Signalisation de la tension d'alimentation interne 5 V Allumage fixe 5V Ok; Clignote : Surcharge courant.
- **FRCE** : Forçage ; signalisation qu'au moins une entrée ou une sortie est forcée de manière permanente.
- **RUN** : Clignotement à la mise en route de la CPU, allumage continu en mode Run.
- **STOP** : Allumage continu en mode STOP. Clignotement lent lorsqu'un effacement général est requis, clignotement rapide lorsqu'un effacement général est en cours, clignotement lent lorsqu'un effacement général est requis par enfichage de la carte mémoire.

Carte mémoire : Une carte mémoire peut être montée à cet emplacement. Elle conserve le contenu du programme en cas de coupure de courant, même en l'absence de pile.

Logement de la pile : Un emplacement protégé par un cache est prévu pour une pile au lithium permettant de sauvegarder le contenu de la mémoire RAM en cas de coupure de courant.

Connexion MPI : Pour raccorder la console de programmation ou un autre appareil sur l'interface MPI.

Interface DP : Interface de raccordement d'une périphérie décentralisée directement à la CPU.

Partie pupitre :

La figure 15 représente le pupitre de commande de chaque sous station, il contient principalement des boutons de démarrage, de redémarrage et d'arrêt.



Figure 15 pupitre de commande [13]

CAPTEURS DE PUPITRE DE COMMANDE

Tableau 5 Capteurs de pupitre de commande

N°	Codes	Types	Utilités
01	S1	électromécanique	Touche START
02	S2	électromécanique	Touche STOP (contact à ouverture)
03	S3	électromécanique	Sélecteur automatique/manuel
04	S4	électromécanique	Touche mise en référence/RESET

ACTIONNEURS DE PUPITRE DE COMMANDE

Tableau 6 Actionneurs de pupitre de commande

N°	Codes	Types	Utilités
01	P1	électrique	Voyant START allumé
02	P2	électrique	Voyant position de repos (Reset)

Communication entre les stations :

Les systèmes MPS de FESTO utilisent plusieurs types de protocole de communication que se soit entre les différentes sous stations ou station ou entre les différents automates programmables qui gèrent les sous stations ou entre les automates programmables et les ordinateurs. Parmi les protocoles de communication nous avons le protocole Profibus DP qui est utilisé pour relier les automates entre eux ou pour relier les automates et les ordinateurs de configuration.

On trouve aussi le protocole Profinet qui est tout simplement le protocole Ethernet Industriel qui utilise les ports RJ45 pour relier soit les APIs entre eux ou les APIs et les ordinateurs.

Aussi nous avons le protocole de communication AS-i qui relie les capteurs aux entrées des APIs et les pré-actionneurs aux sorties des APIs. On peut utiliser aussi les câbles MPI mais seulement pour faire de la configuration des automates programmables via les ordinateurs.

5. Programmation de l'automate S7-300 :

L'écriture d'un programme consiste à créer une liste d'instructions permettant l'exécution des opérations nécessaires au fonctionnement du système. L'API traduit le langage de programmation en langage compréhensible directement par le microprocesseur. Ce langage est propre à chaque constructeur. Il est lié au matériel mis en œuvre.

Chaque automate possède son propre langage. Cependant, les constructeurs proposent tous une interface logicielle répondant à la norme CEI 61131-3 qui définit cinq langages de programmation utilisables : le grafcet et langage LADDER et langage ST (Structured Text) et langage IL (Instruction List) et langage FBD (Boîtes fonctionnelles) [24].

5.1 Logiciel de programmation

5.1.1 STEP 7

STEP7 SIMATIC Manager est un logiciel de base pour la configuration, la programmation, la vérification et le diagnostic des systèmes automatisés de famille SIEMENS. Elle représente une interface graphique pour programmer facilement et commodément les systèmes automatisés SIMATIC S7-300, S7-400. Ce logiciel permet de :

- Configurer et paramétrer le matériel,
- Spécifier la communication,

- Tester et mettre en service,
- Documenter et archiver,
- Diagnostiquer le fonctionnement.

STEP7 permet l'accès aux bases de données des automates SIEMENS, il permet de les programmer. Il prend également en compte le réseau des automates ce qui permet d'accéder à tout automate du réseau et permet aux automates d'envoyer les messages entre eux. [25]

5.1.2 Langages de programmation

Le logiciel Step7 permet de programmer avec plusieurs langages différents, qui peuvent être même mélangés dans un même programme. Il y a des langues qui sont utilisées avec toutes les API ou des langages dédiées à un type spécifique. La programmation peut être effectuée soit en utilisant le langage Grafcet directement, soit en créant une séquence d'exécution avec un Bloc d'Organisation.

Pour tous les automates, on utilise les langages suivants :

- Texte structuré (SCL),
- Schéma à contacts (CONT),
- Logigramme (LOG).

Pour les familles d'automates S7-300, on utilise les langages suivants :

- Liste d'instructions (LIST)
- Programmation de chaînes séquentielles (Grafcet)

Dans notre cas, nous utiliserons le langage de programmation Grafcet pour programmer le système étudié. [15]

- **Le langage à CONT ou Bien (LADDER Schéma contacte) :**

Le langage CONT appelé aussi langage à contact ou LADDER est un langage dont la logique est inspirée des réseaux électriques. C'est un langage de programmation graphique.

- **Le langage LOG**

Le LOG appelé aussi logigramme est un langage de programmation graphique qui utilise des portes logiques d'algèbre de BOOL, la base de ce langage est la logique binaire mais on peut aussi faire des opérations plus complexes telles que les opérations mathématiques qui peuvent être représentées directement combinées avec les portes logiques.

- **Le langage LIST**

Le langage LIST figure parmi les langages de base du logiciel Step7, sa syntaxe est similaire à celle de l'assembleur. C'est le langage le plus proche du langage machine ce qui lui donne l'avantage d'être le langage le plus adapté pour la programmation avec optimisation d'espace mémoire et de temps d'exécution. Il dispose d'un jeu d'instruction très important permettant la

création de programmes utilisateurs complets. Tout programme écrit en CONT ou en LOG peut être réécrit en LIST.

Dans notre cas, nous utiliserons le langage de programmation Grafcet pour programmer le système étudié.

- **GRAF CET**

Afin de faciliter la programmation des API, on utilise un système d'écriture par organigramme spécialisé appelé GRAFCET : Graphe de Commande Etape/Transition. Celui-ci est en particulier adapté pour la programmation des API. Il se compose de cases correspondantes aux diverses opérations, elles sont reliées entre elles par des traits indiquant le sens de déroulement des opérations. Le passage d'une case à l'autre ne s'effectuant que si l'étape précédente est active et la transition validée.

Ce système très fonctionnel contient un nombre restreint de symboles conventionnels et permet la correction d'une partie de séquence sans remettre en cause les autres, facilitant ainsi les modifications. De plus ce système étant conventionnel à l'avantage d'être facilement interprété par n'importe quelle personne le connaissant.

Des variantes de programmation peuvent intervenir dans le sens de la réflexion propre à chaque individu, comme pour tout autre langage informatisé, qu'il s'agisse d'automates ou d'ordinateurs). [26].

6 La supervision

La supervision est une technique industrielle qui sert à représenter le processus, surveiller, commander, contrôler et diagnostiquer l'état de fonctionnement d'un procédé automatisé dans le but d'obtenir son fonctionnement optimal.

Ce système assure aussi un rôle de gestionnaire d'alarmes, d'archivage pour la maintenance, le traçage des courbes pour l'enregistrement de l'historique de défauts et le suivi de production [27].

6.1 Wincc flexible

Wincc flexible est l'Interface Homme-Machine (IHM) pour les applications de la machine et du processus dans la construction d'installations, par des moyens d'ingénierie simples et efficaces, de concepts d'automatisation évolutifs, Wincc flexible est idéale grâce à sa simplicité, son ouverture et sa flexibilité [27].

6.2 Critères de choix de Win cc flexible

- Le panel de 'SIMATIC' ne peut pas fonctionner sans 'Wincc flexible'.
- Tendance de changer 'Protool' par 'Win cc flexible' pour 'SIEMENS'.
- Possibilité d'ouvrir d'autres panels de 'Protocol' [27].

7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu un aperçu sur les systèmes automatisés de production et de leurs descriptions et compositions ainsi que sur les logiciels que nous allons utiliser dans notre travail et qui sont le STEP 7 SIMATIC Manager de Siemens pour la programmation et la configuration des automates programmables de type Siemens qui existent dans les stations a étudié. Ainsi que le logiciel WinCC de Siemens aussi que nous allons utiliser pour créer les IHM du système MPS étudié.

Chapitre 3

Modélisation et simulation des stations étudiées du Système MPS

1 Introduction :

Au niveau de ce chapitre nous allons faire la description des étapes des logiciels (STEP7, Win CC flexible) afin de l'exploiter à l'automatisation et la supervision du processus industriels de la station étudiée dans notre PFE.

Ce Travail est fait selon une analyse détaillée du système à étudié, un développement d'un programme qui respect le cahier de charge afin d'assurer un fonctionnement tel qu'il est demandé. Le tout est approuvée via une Simulation du Simulateur PLC-Sim.

2 Programmation de l'automate S7 – 300 :

Dans le but de la programmation de l'équipement, Nous devons suivre les étapes ci-dessous:

- ✓ Double Cliquer sur l'icône « Simatic Manager » (éclairci dans **la Figure 31**).
- ✓ Insérer nouveau projet.
- ✓ Configuration de l'équipement, paramètres et communication réseau.
- ✓ Faire la déclaration de la table mnémonique.
- ✓ Développement de programme.
- ✓ Chargement du programme.
- ✓ Tester le programme par le simulateur PLCISIM.
- ✓ Gestion des erreurs et diagnostic en cas d'interférence.

2.1 Démarrez STEP 7 :

Cliquer sur l'icône « Simatic Manager » **Figure 31**, pour lancer le projet.



Figure 16 Logo de SIMATIC Manager STEP7 V5.x [14]

2.2 Insérer un nouveau projet :

Dans notre projet, nous allons annuler la fenêtre de la figure 17 appuyant sur «Annuler». Parce qu'après avoir recherché le menu de la Figure 18, nous n'avons pas pu trouver la CPU qui correspond à la CPU de notre matériel.

Chapitre 3 Modélisation et simulation des stations étudiées du système MPS

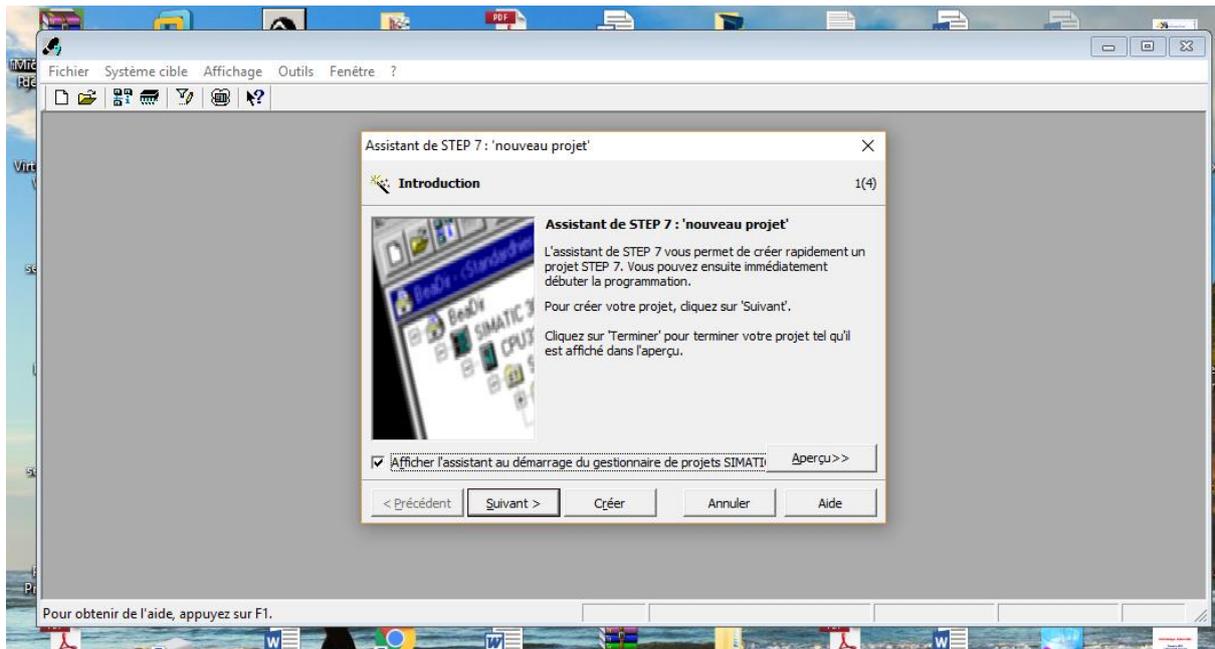


Figure 17 Assistant de STEP7.

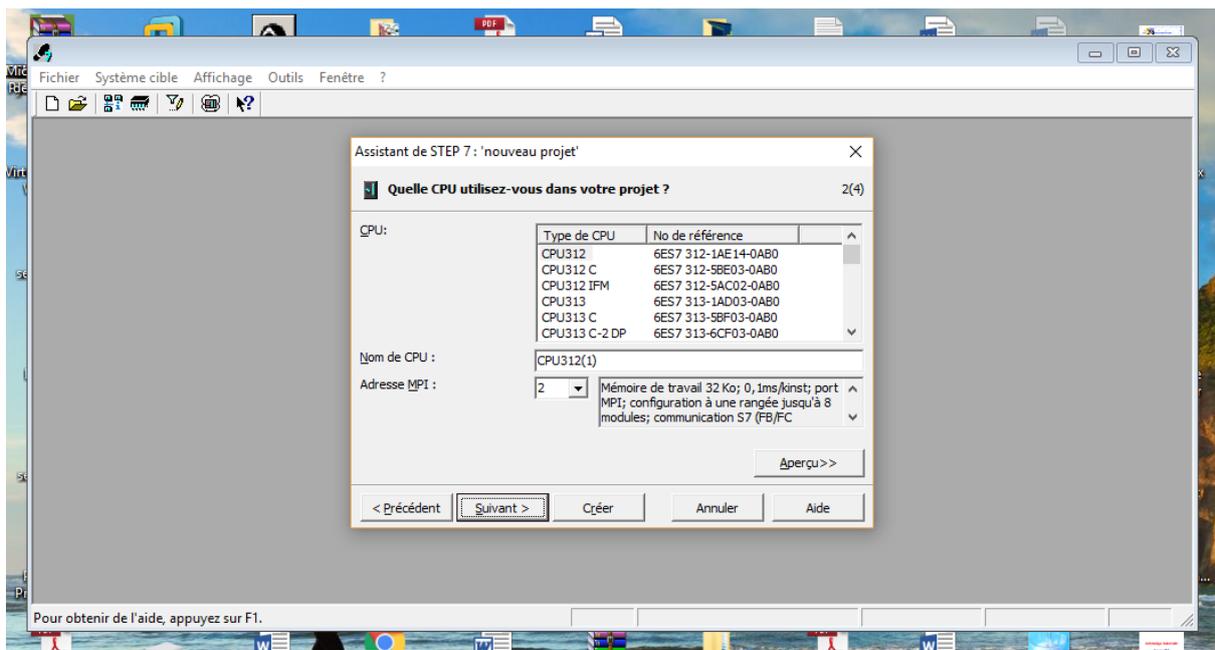


Figure 18 CPU existantes dans l'assistant de STEP7.

Cliquer sur "Fichier" dans la barre de menu. Après, cliquer sur "Nouveau" et sélectionnez le nom du projet, tel que "projet sohaib". La CPU doit être ajoutée via la configuration matérielle.

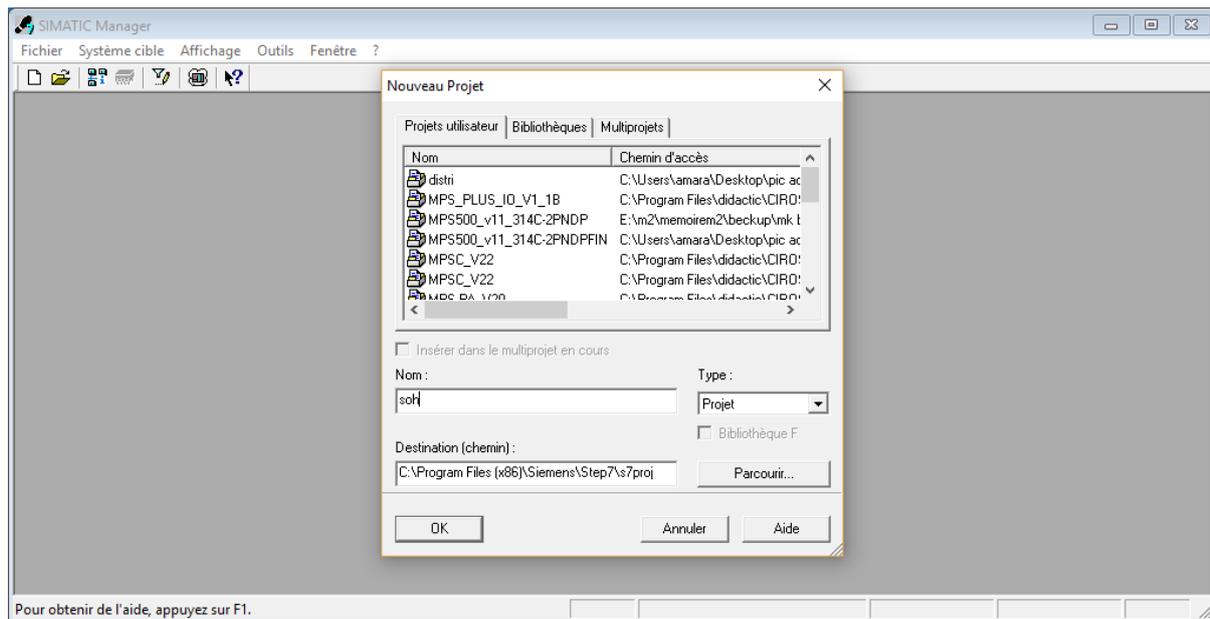


Figure 19 Nouveau Projet.

2.3 Configuration matérielle :

Le projet se compose de deux parties principales:

- ✓ Description du matériel.
- ✓ Configuration matérielle, utilisée pour Configurer la connexion entre la CPU et la console de programmation et paramétrée support matériel.

Pour configurer correctement le matériel, les étapes suivantes doivent être suivies:

2.3.1 Ajouter une nouvelle station :

Pour ajouter une nouvelle station, nous devons suivre trois étapes éclaircies dans la Figure 19.

- Cliquer avec le bouton droit de la souris.
- Cliquer sur "Insérer un nouvel objet".
- Sélectionnez "SIMATIC 300 Station" pour la station de notre projet.

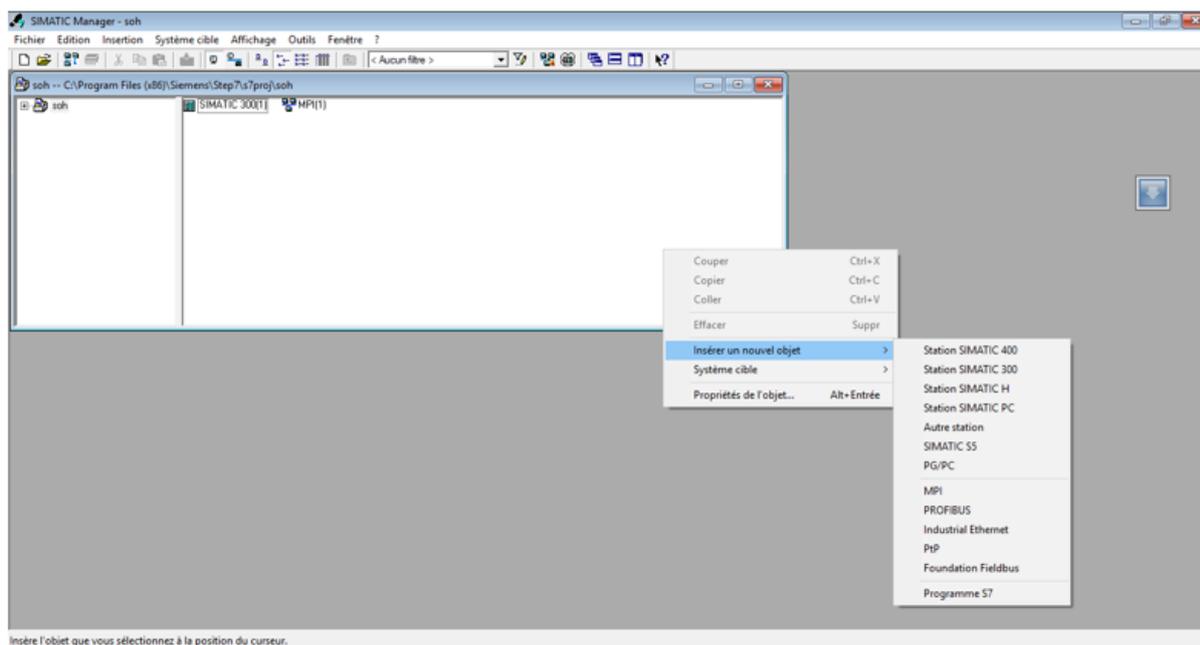


Figure 20 Ajouter une nouvelle station.

2.3.2 Ouvrir la fenêtre de configuration matérielle :

Pour ouvrir la fenêtre de configuration matérielle (HW Config). Nous devons effectuer les deux étapes suivantes éclaircies dans la Figure 21 :

- Cliquer sur la station ajoutée de "SIMATIC 300",
- Cliquer sur "Matériel".

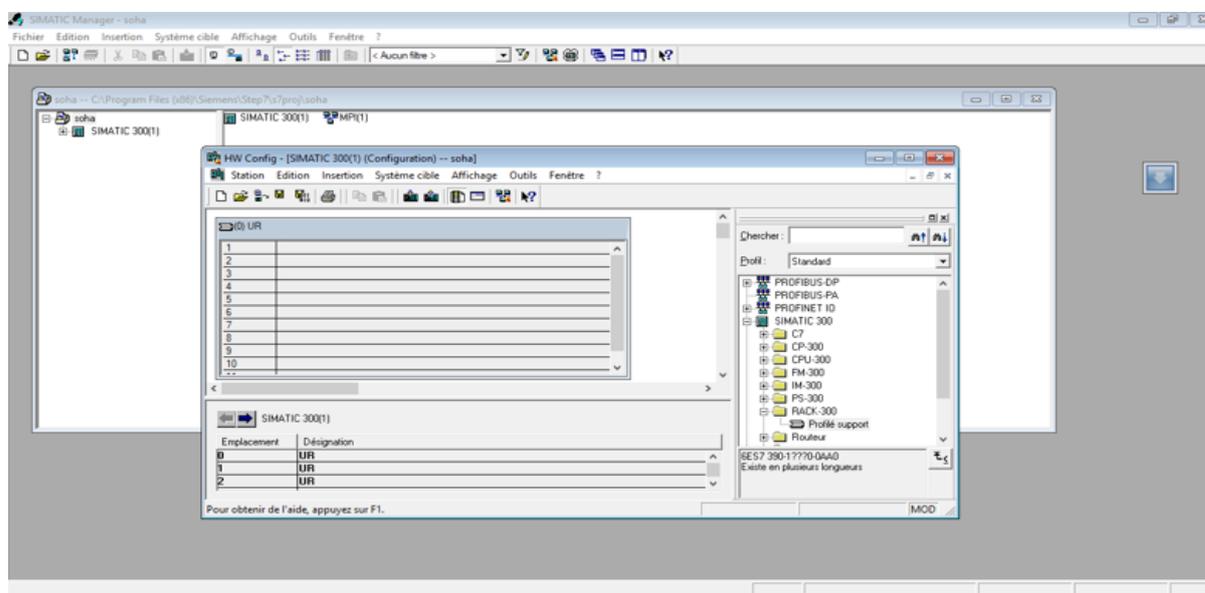


Figure 21 Fenêtre de configuration matérielle.

Il faut d'abord sélectionner le châssis, qui doit être adapté aux caractéristiques de l'API (alimentation PS, type de CPU, mode de communication) dont dispose notre laboratoire de recherche.

A. Ajouter le Rack :

Nous devons déclarer la plate-forme matérielle comme indiqué ci-dessous dans la Figure 22 Cliquer sur « SIMATIC 300 », Cliquer sur « RACK-300 ».

- ✓ Faites glisser le " profilé support " sur le cadre.
- ✓ sélectionnez « RACK-300 ».

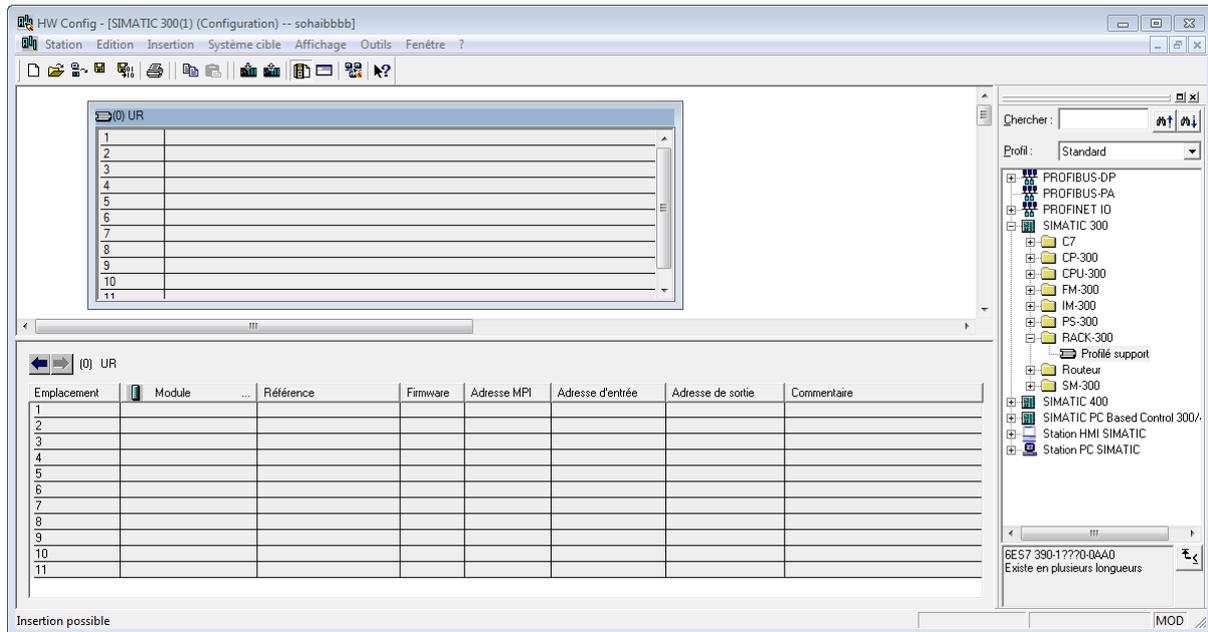


Figure 22 Ajout du Rack.

B. Ajouter une alimentation :

Pour ajouter une alimentation Nous devons effectuer les étapes suivantes éclaircis dans la Figure 23 :

- ✓ Cliquer sur «PS-300», sélectionnez «PS-307 5A».
- ✓ Faites glisser le «PS-307 5A» dans le «rack».

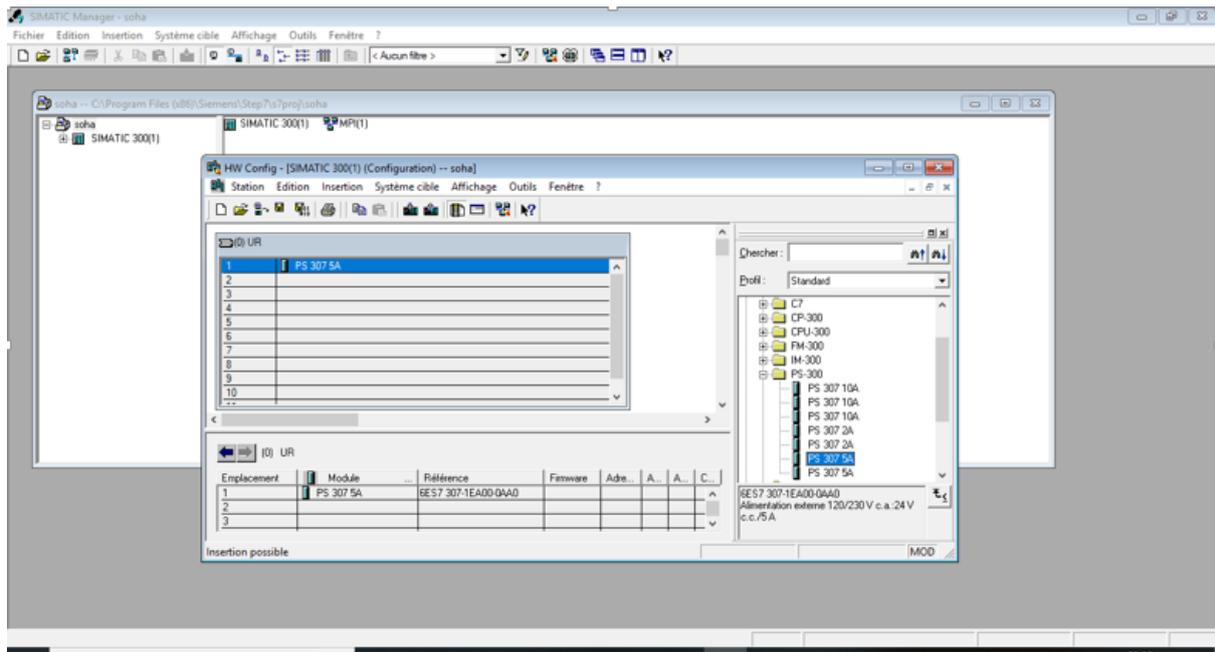


Figure 23 Comment ajouter une alimentation.

C. Ajout du CPU 314 PN/DP :

L'ensemble du processus est illustré à la figure 24 :

- ✓ Cliquer sur "CPU-300", sélectionnez le type de CPU en fonctionnement "CPU 314C-2 PN / DP".
- ✓ Faites glisser "V3.3" dans le "rack".

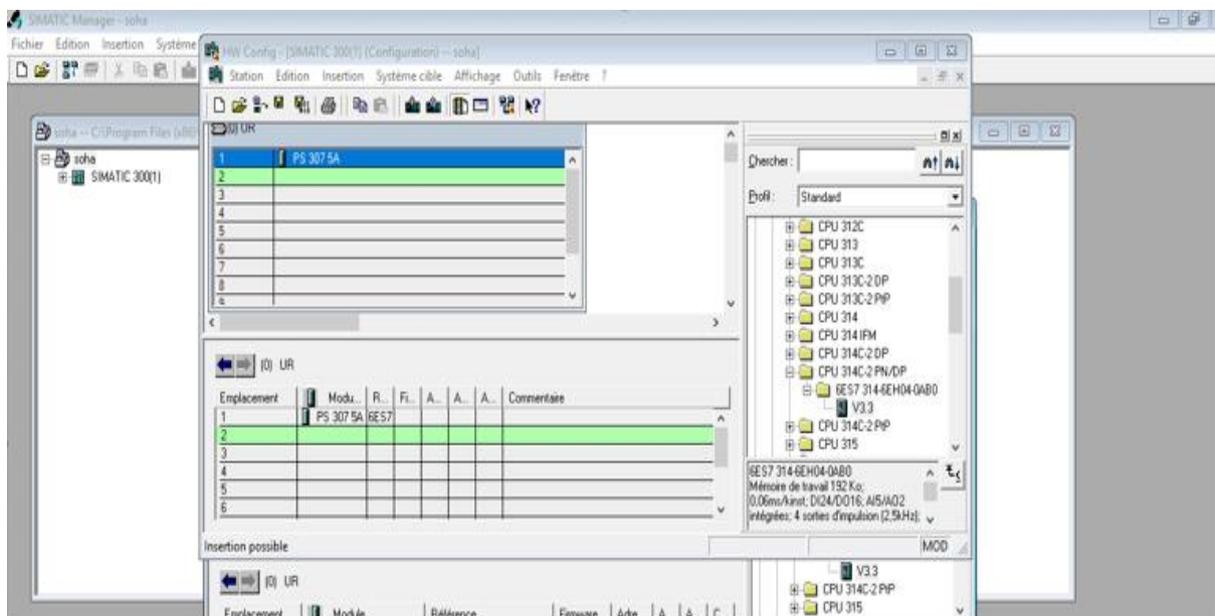


Figure 24 Comment ajouter notre CPU.

D. Options de communication par câble Ethernet :

Pour faire la sélection du réseau Ethernet ainsi la configuration des adresses IP de la communication par câble Ethernet Nous devons effectuer les étapes suivantes : éclaircis dans la Figure 25.

1. Cliquer sur nouveau, Cliquer sur OK. Un câble Ethernet sera ajouté
2. Cliquer sur OK et la CPU sera ajoutée.

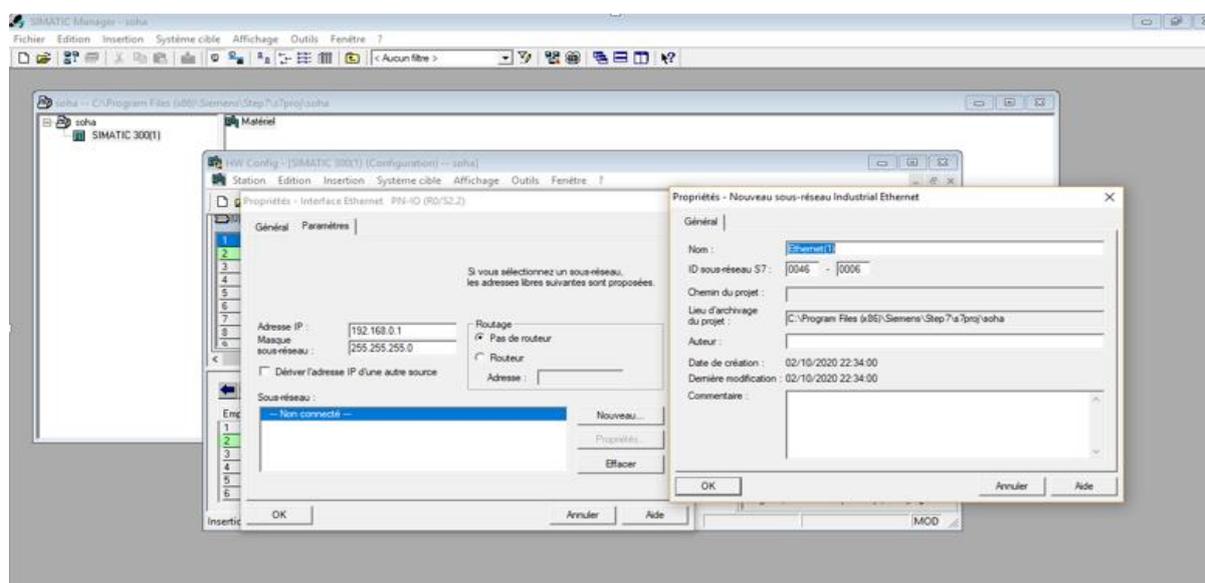


Figure 25 Configuration des adresses IP pour le câble Ethernet.

G. Configuration du réseau.

1. Cliquer sur "Charger dans le module", Cliquer sur "Simulation de module" pour ouvrir "PLCISIM", très importante, Cliquer sur "NETPRO",
2. Faites glisser "connecter au réseau"
3. Cliquer sur "Enregistrer et compiler".

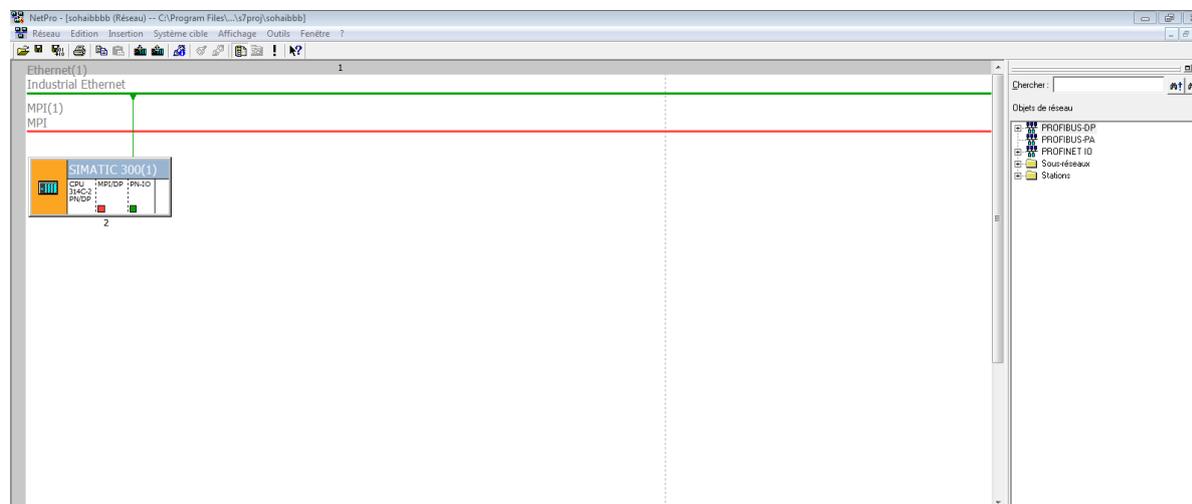


Figure 26 Configuration réseau.

Chapitre 3 Modélisation et simulation des stations étudiées du système MPS

Une fois la configuration matérielle terminée, le dossier "Programme STEP7" sera automatiquement inséré dans le projet, comme illustré dans la figure ci-dessous.

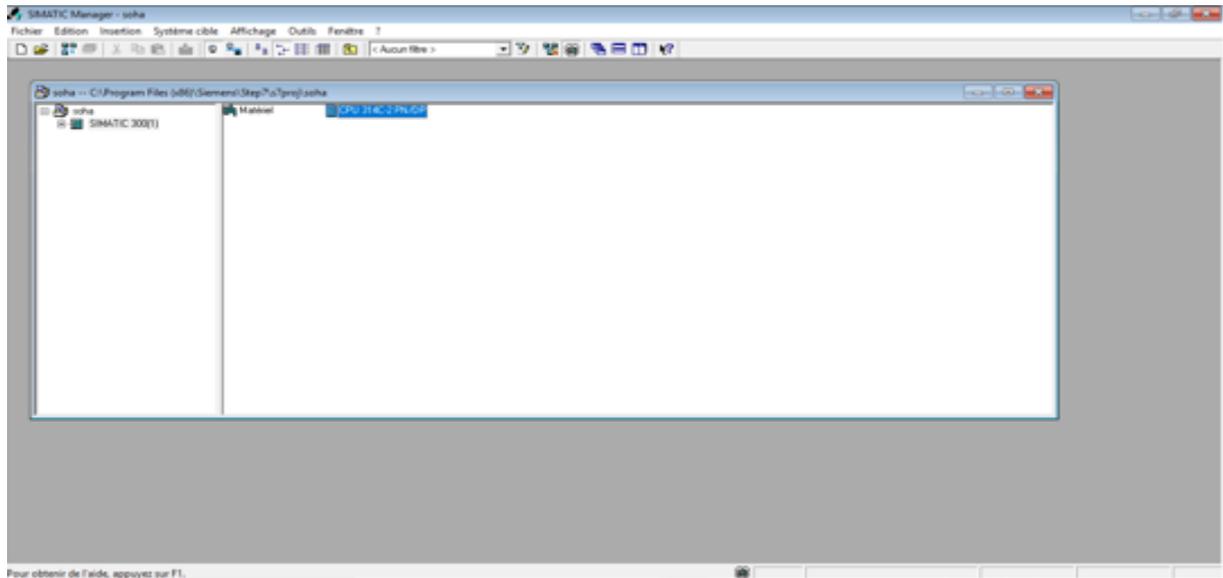


Figure 27 Projet STEP7 est prêt à être utilisé.

2.4 Déclaration de la table des Mnémoniques :

Pour faire la déclaration de la table des mnémoniques, nous devons cliquer sur "Programme, Mnémonique ", comme illustré dans la Figure 27 ci-dessous:

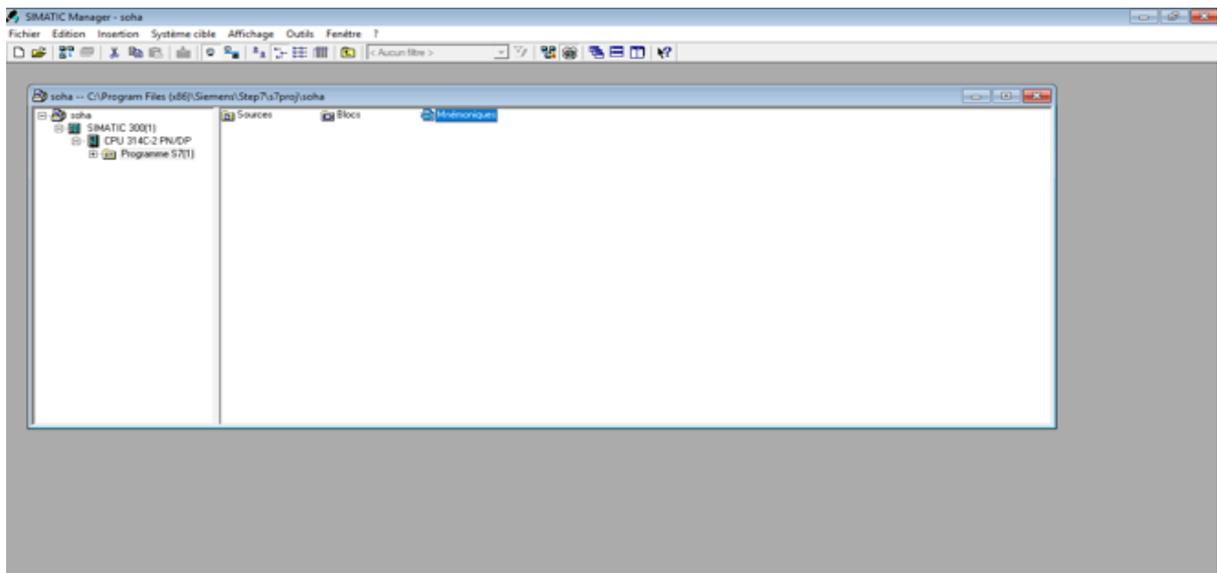


Figure 28 Lancement de table mnémonique.

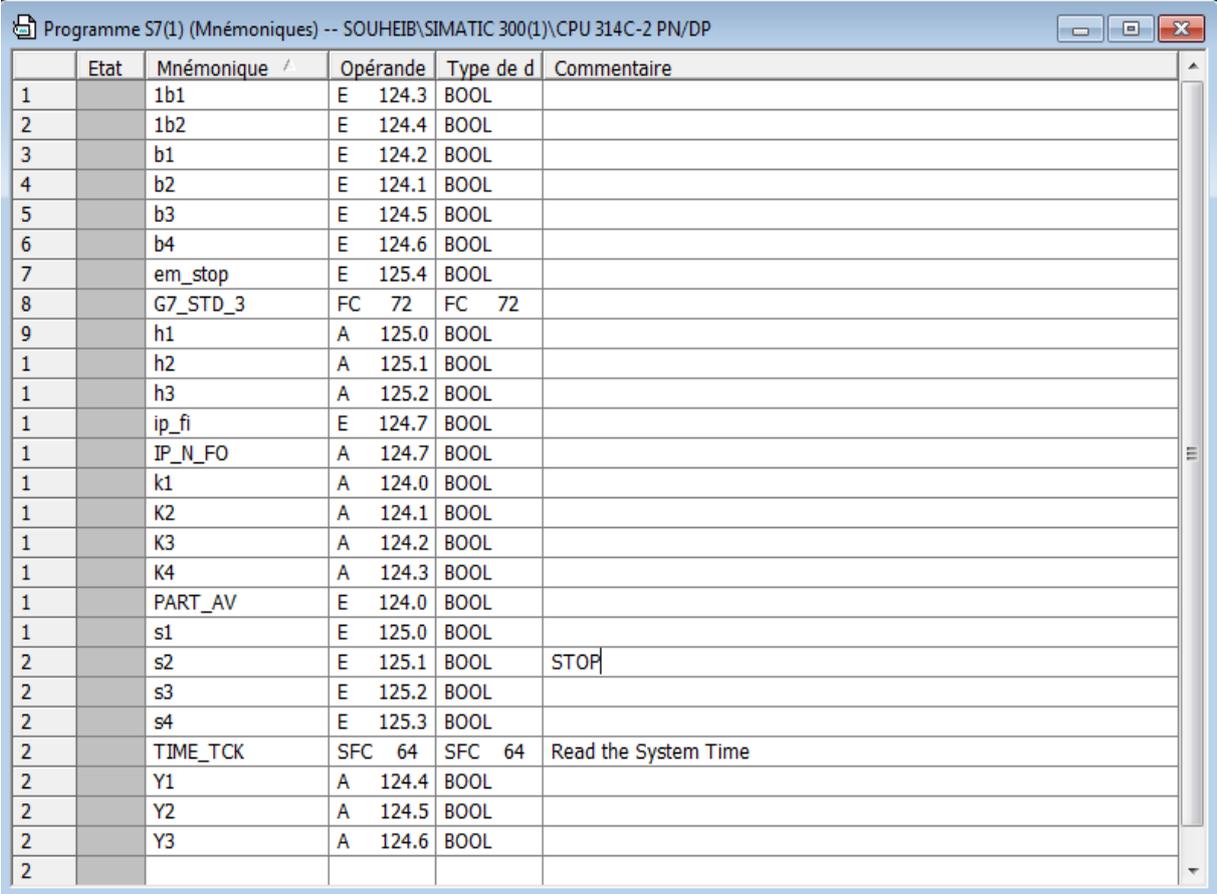
Le tableau suivant représente les variables utilisées dans notre projet.

Chapitre 3 Modélisation et simulation des stations étudiées du système MPS

Tableau 7 Variables à déclarer dans la Table des variables

Variable	Désignation	Adressage	Utilité
Part_AV	Capteur Capacitif	E 124.0	Pièce présente
B2	Capteur Capacitif	E 124.1	Pièce à usiner à la perceuse
B1	Capteur Capacitif	E 124.2	Pièce à usiner au dispositif de Contrôle
1B1	Capteur électromécanique	E 124.3	Perceuse en haut
1B2	Capteur électromécanique	E 124.4	Perceuse en bas
B3	Capteur Inductif	E 124.5	Plateau à indexation positionné
B4	Capteur Inductif	E 124.6	Contrôle des orifices de perçage En
ordre IP_FI	Capteur Optique	E 124.7	Station en aval libre
S1	Capteur électromécanique	E 125.0	Touche START
S2	Capteur électromécanique	E 125.1	Touche STOP (contact à Ouverture)
S3	Capteur électromécanique	E 125.2	Sélecteur automatique/manuel
S4	Capteur électromécanique	E 125.3	Touche mise référence/RESET
Em_Stop	Capteur électromécanique	E 125.5	COUPURE D'URGENCE Déverrouillée
K1	Actionneur	A 124.0	montée/descente de la Perceuse
K2	Actionneur	A 124.1	Plateau à indexation, moteur Activé
K3	Actionneur	A 124.2	Perceuse, moteur activé
Y1	Actionneur	A 124.3	Serré la pièce à usiner.
Y2	Actionneur	A 124.4	Contrôler la pièce à usiner
Y3	Actionneur	A 124.5	commande de sélecteur Y
IP_N_FO	Actionneur	A 124.6	Station occupée
H3	Actionneur	A 125.0	Voyant pièce défectueuse
H1	Actionneur	A 125.1	Voyant START allumé
H2	Actionneur	A 125.3	Voyant position de repos

Chapitre 3 Modélisation et simulation des stations étudiées du système MPS



	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de d	Commentaire
1		1b1	E 124.3	BOOL	
2		1b2	E 124.4	BOOL	
3		b1	E 124.2	BOOL	
4		b2	E 124.1	BOOL	
5		b3	E 124.5	BOOL	
6		b4	E 124.6	BOOL	
7		em_stop	E 125.4	BOOL	
8		G7_STD_3	FC 72	FC 72	
9		h1	A 125.0	BOOL	
1		h2	A 125.1	BOOL	
1		h3	A 125.2	BOOL	
1		ip_fi	E 124.7	BOOL	
1		IP_N_FO	A 124.7	BOOL	
1		k1	A 124.0	BOOL	
1		k2	A 124.1	BOOL	
1		k3	A 124.2	BOOL	
1		k4	A 124.3	BOOL	
1		PART_AV	E 124.0	BOOL	
1		s1	E 125.0	BOOL	
2		s2	E 125.1	BOOL	STOP
2		s3	E 125.2	BOOL	
2		s4	E 125.3	BOOL	
2		TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time
2		Y1	A 124.4	BOOL	
2		Y2	A 124.5	BOOL	
2		Y3	A 124.6	BOOL	
2					

Figure 29 Table des Mnémoniques.

2.5 Modélisation graphique de station de production :

Dans la station de production, les pièces sont inspectées et traitées sur une plaque d'indexation à six positions à l'aide de deux machines (M5 et M3), puis les pièces sont transférées vers le convoyeur (buffer). Nous pouvons le décrire et le modéliser graphiquement.

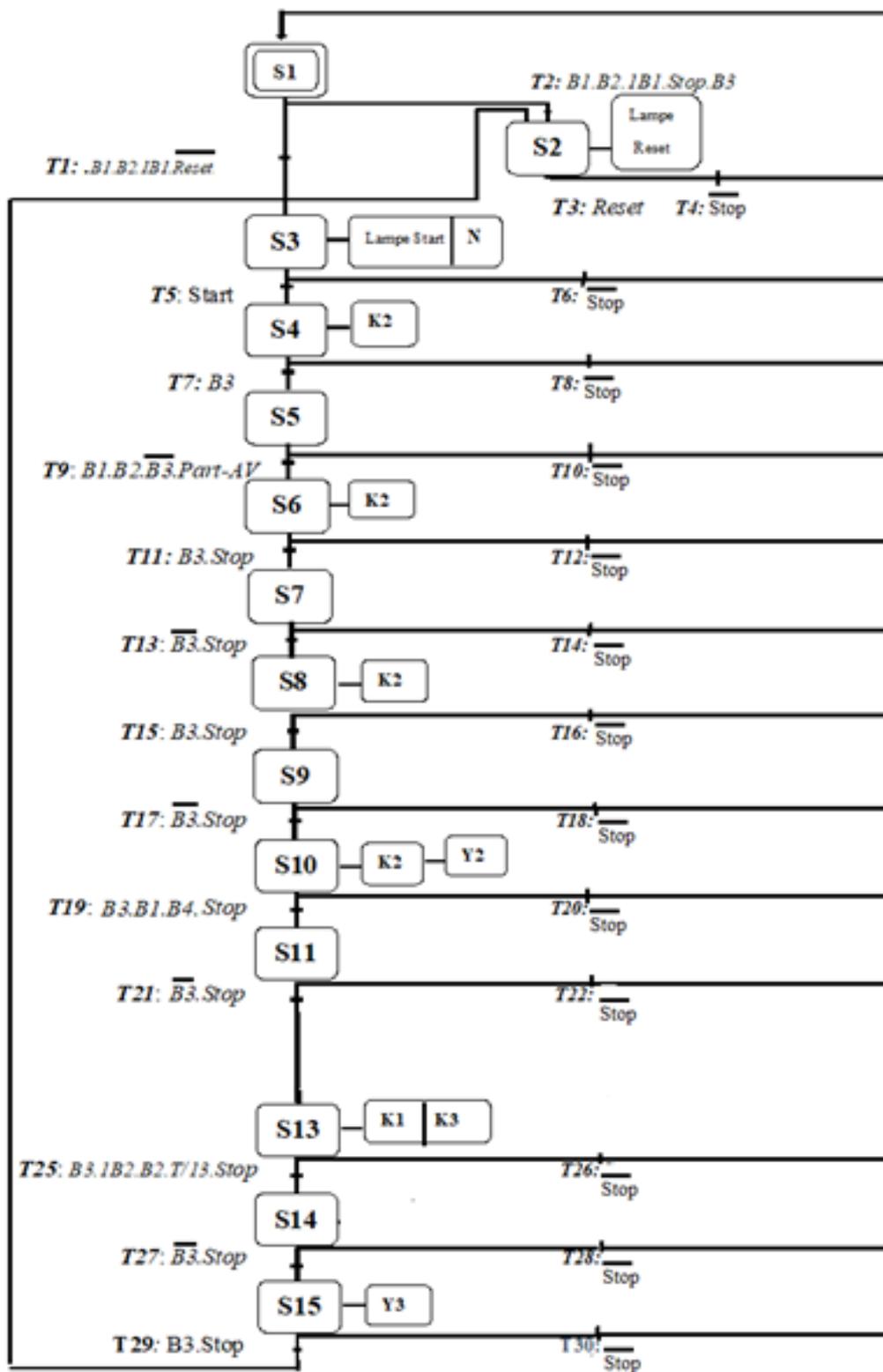


Figure 30 Modélisation graphique de la station de production.

2.6 Programmes de transfert et de test dans la CPU :

Démarrez l'application S7-PLCSIM en cliquant dans la barre d'outils du SIMATIC Project Manager, comme illustré ci-dessous,

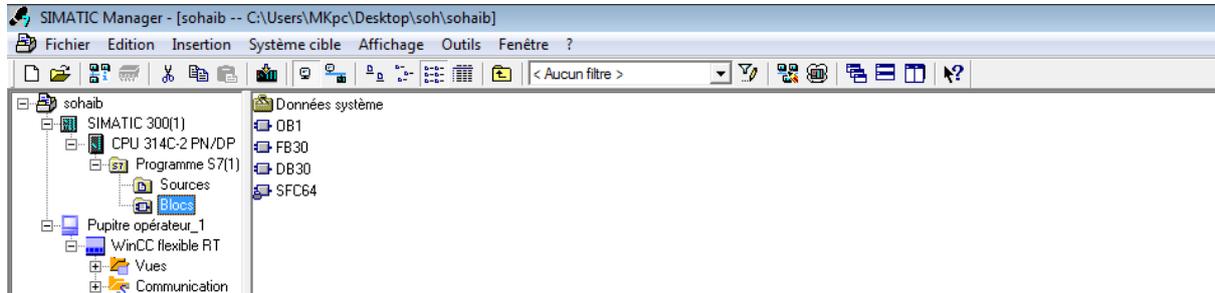


Figure 31 Démarrer la Simulation.

2.7 Simulation du programme élaboré :

Sélectionnez le classeur "bloc" dans la hiérarchie du projet, puis cliquez sur l'icône de chargement, Pour charger le programme dans la CPU.

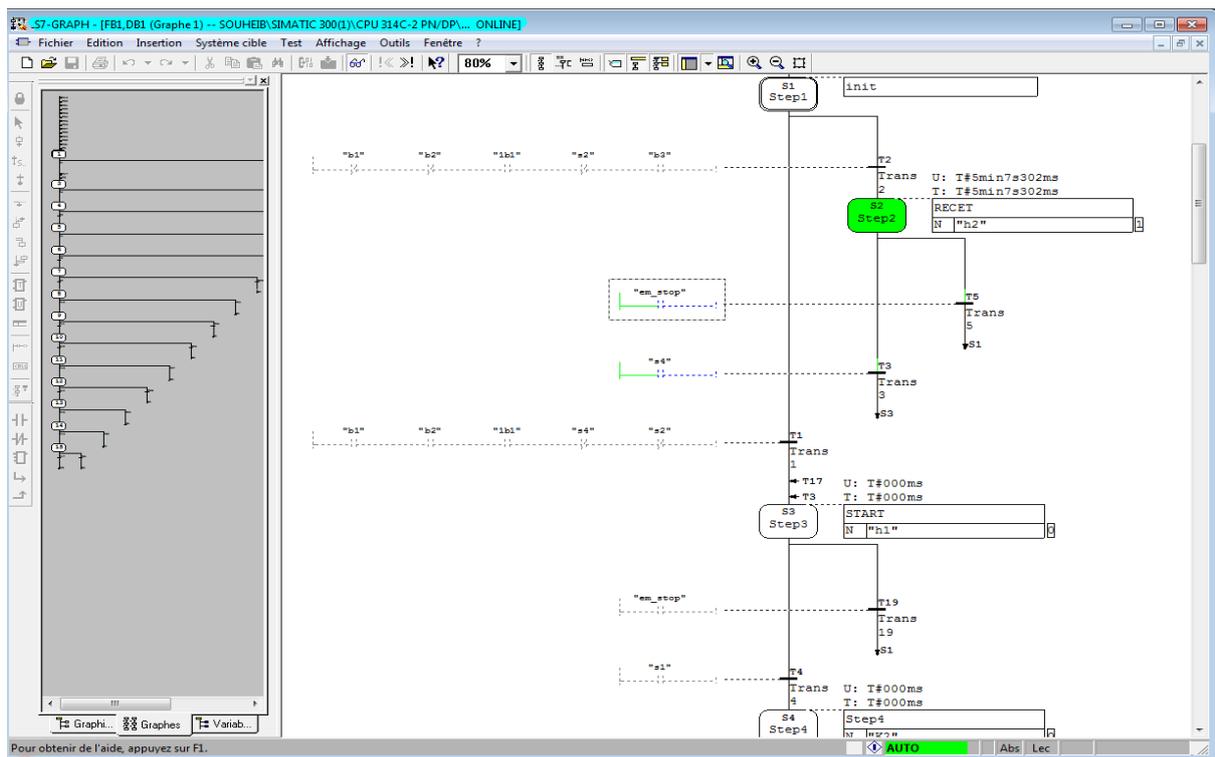


Figure 32 Séquence du programme dans l'étape Step2.

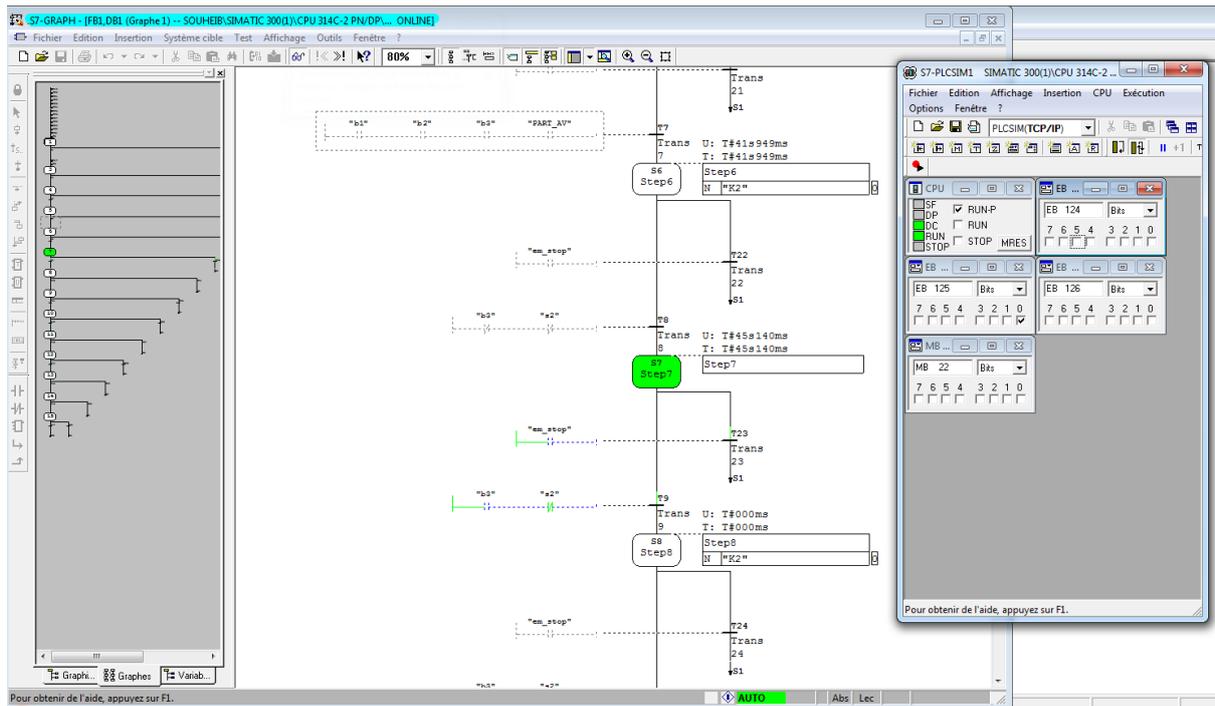


Figure 33 Séquence du programme dans l'étape Step7.

3 Programmation dans Win cc flexible :

3.1 Démarrez Win cc flexible :

Démarrez Win cc flexible en cliquant sur l'icône "Win cc flexible",

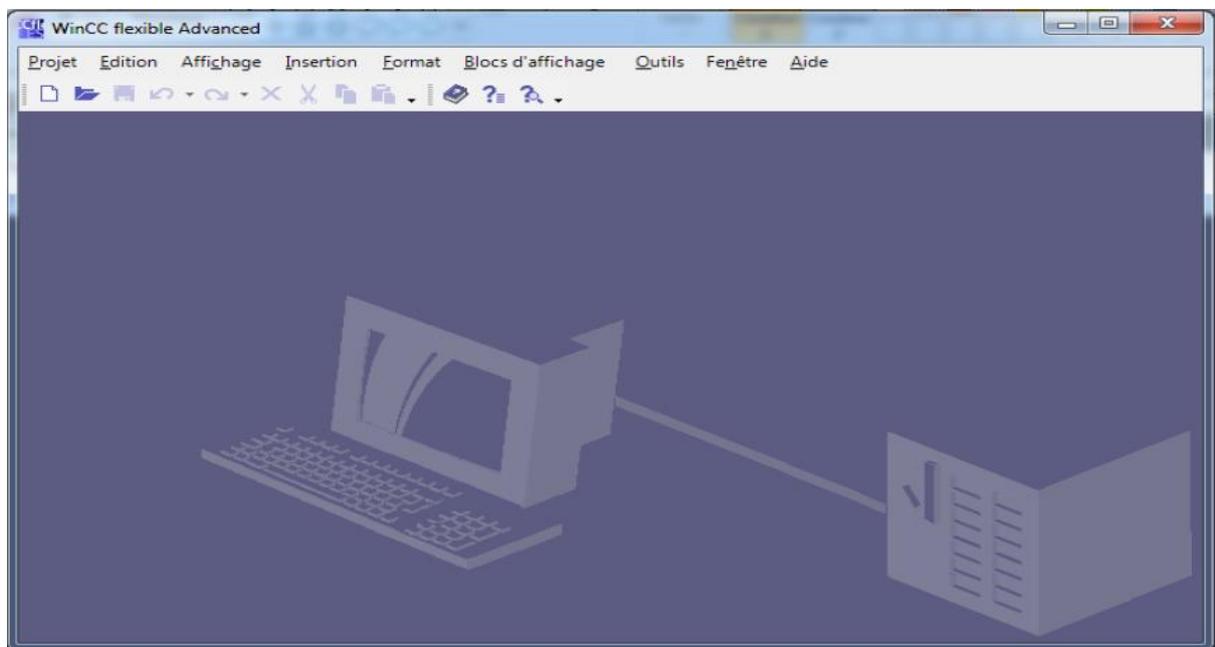


Figure 34 Interface de WinCC flexible.

Créer un projet, cliquer sur "Créer un projet vide", la Figure 34.

Chapitre 3 Modélisation et simulation des stations étudiées du système MPS

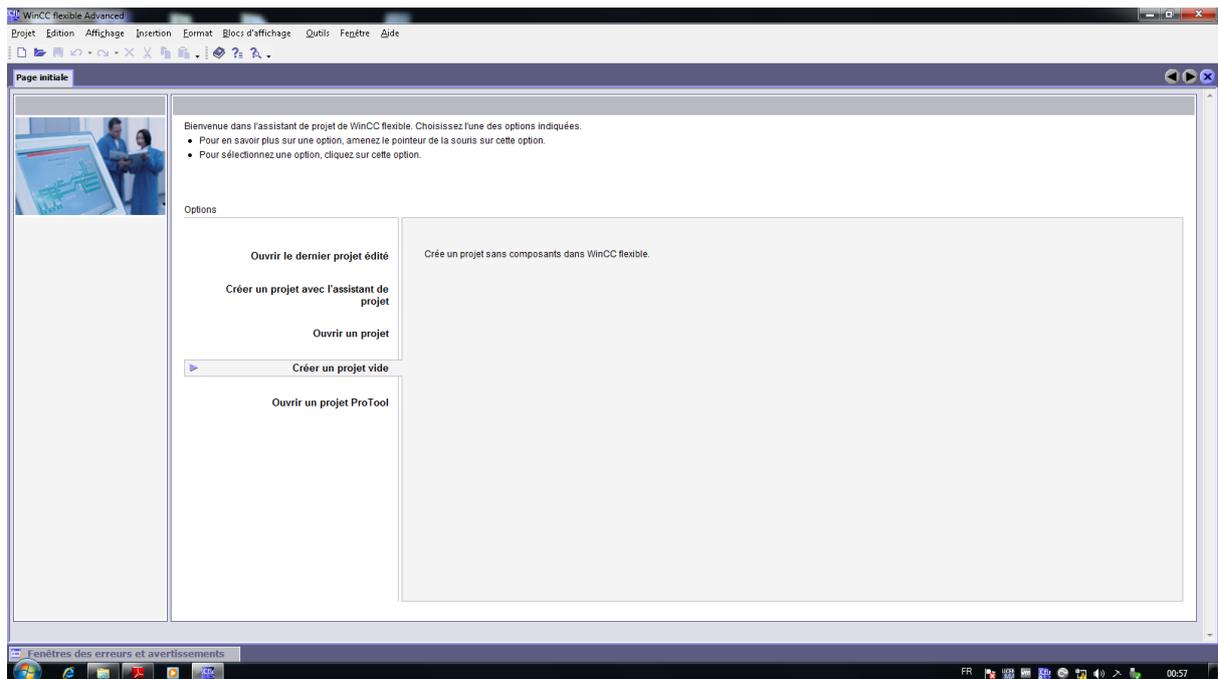


Figure 35 Un projet dans WinCC flexible.

3.2 Sélection du pupitre :

Sélectionner le type de pupitre cliquer sur "Type de pupitre", la Figure 36

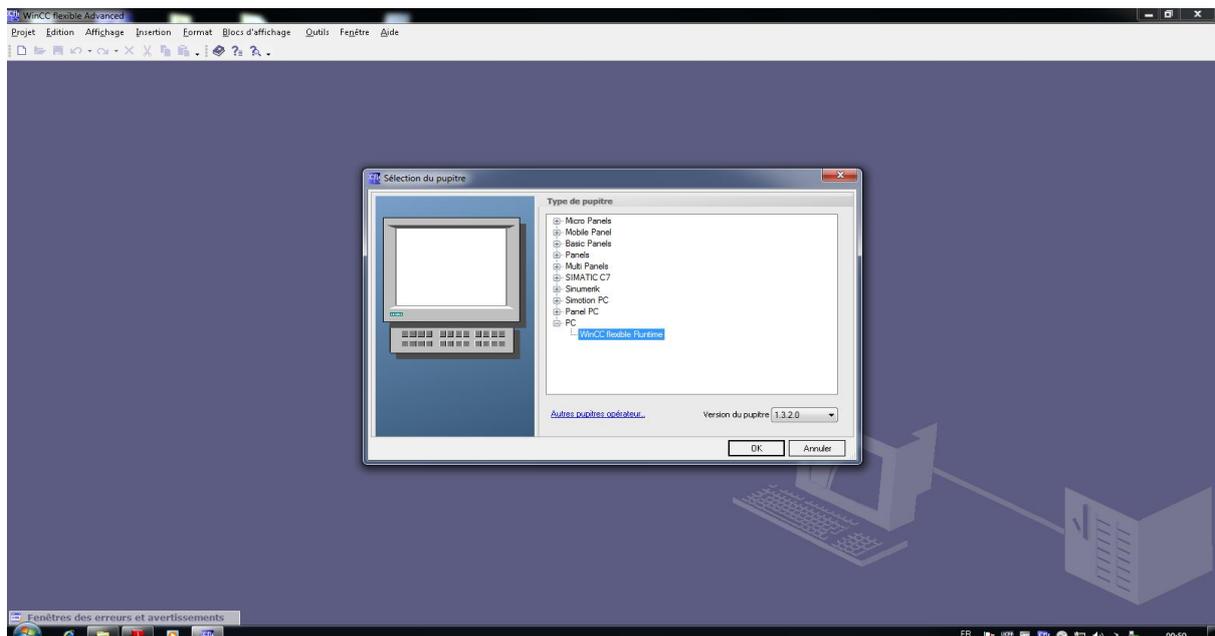


Figure 36 Sélection du pupitre.

3.3 Création des éléments d'entrées et sorties

Clique sur " bibliothèque ", nous pouvons sélectionner les éléments d'entrée et de sortie du système, la Figure 37.

Chapitre 3 Modélisation et simulation des stations étudiées du système MPS

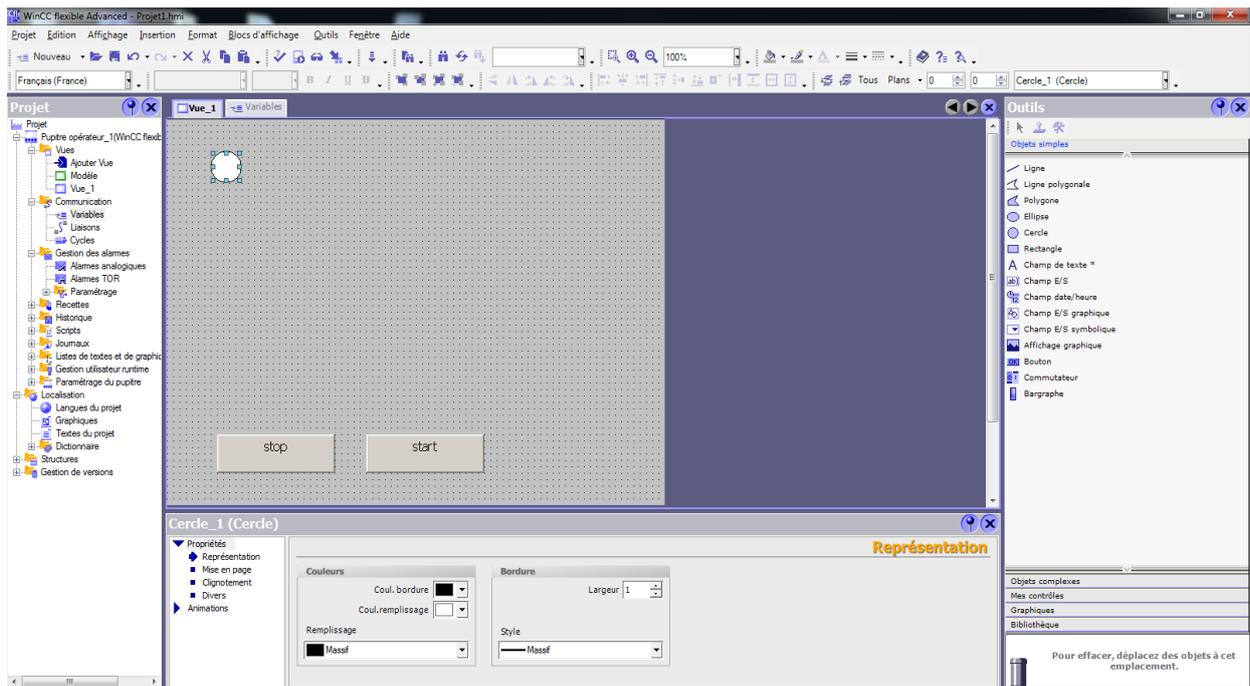


Figure 37 Création des éléments d'entrées et sorties.

3.4 La conception du processus de la station de production :

La figure 38 montre la conception d'IHM dans Win CC Flexible

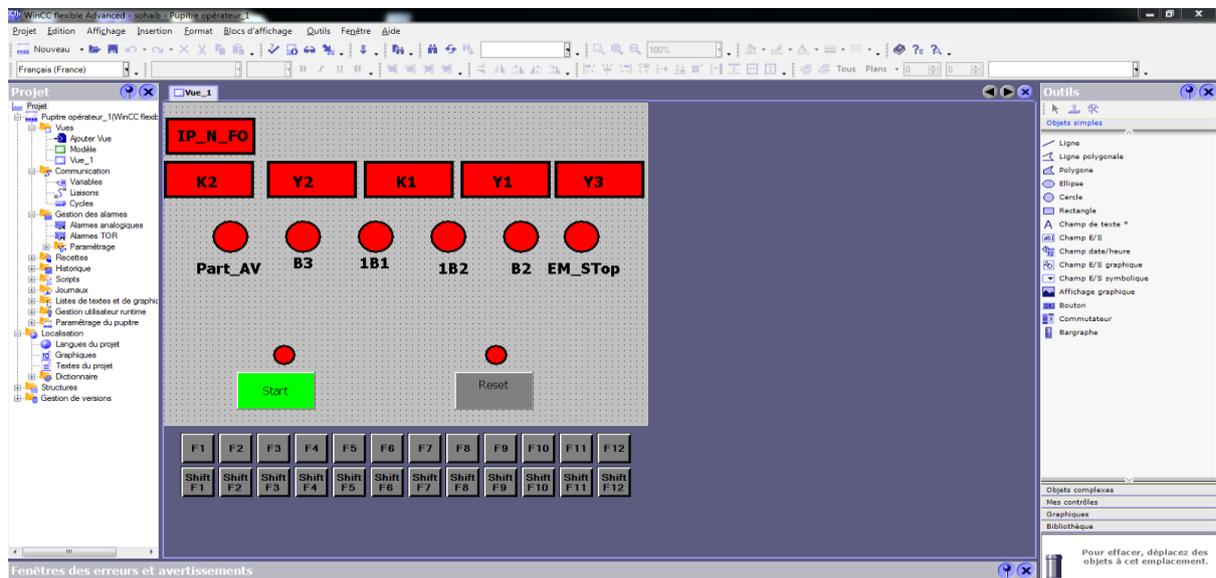


Figure 38 Conception du processus de la station de production.

4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'essentiel de notre travail afin de concevoir l'IHM de la station de production selon nos propres spécifications.

La connaissance derrière nous a permis d'apprendre comment :

- ✓ le système s'exécute pour établir leurs spécifications appropriées.
- ✓ La maîtrise de l'outil de programmation Simatic Manager (Step7), qui était notre première expérience, ainsi la simulation du programme sur le simulateur PLCsim de Step7.
- ✓ Faire la conception de l'IHM sur l'outil Win CC Flexible.

Malheureusement suite à plusieurs circonstances (Covid 19, la non disponibilité devant le matériel, la distance...) nous n'avons pas pu terminer le travail pour ces raisons nous avons laissé quelques perspectives qui sont les suivantes :

- ✓ Faire compléter la réalisation de cette sous station sur l'IHM avec la supervision via le Runtime.
- ✓ Faire en premier temps une synchronisation entre les outils STEP7, WinCC via une moyenne de communication bien précis (Ethernet, Profibus) afin d'atteindre une commande.
- ✓ Faire les mêmes opérations sur l'ensemble des sous stations afin d'atteindre la formulation de notre système MPS variant (sous station production, séparation, Testing, buffer).
- ✓ Faire injecter ce travail sur l'outil CIROS qui représente le matériel réel en 3D afin de minimiser les dégâts et sécuriser le matériel ainsi de vérifier le bon fonctionnement des programmes développés.
- ✓ Faire synchroniser les trois outils STEP7 et WinCC CIROS (faire lancer la commande des trois côtés).
- ✓ Faire injecter ces programmes au niveau des automates des sous-stations réel et superviser le travail en temps réel et sur les IHM adéquates.

Conclusion générale

Dans ce travail nous avons étudié un système automatisé MPS de FESTO, où nous avons développé une interface homme machine IHM afin de le superviser. Avant cette démarche nous avons d'abord étudié le système, puis nous avons développé un modèle Grafset qui décrit le fonctionnement de ce système, avant d'écrire un programme STEP7 et développer un IHM via le logiciel de supervision WinCC.

Le document que nous avons réalisé se divise en trois chapitres. Le premier était consacré au développement et à l'évolution de l'industrie à travers le temps, en commençant par la première révolution industrielle vers 1784 qui a utilisé l'énergie à vapeur et la mécanisation des machines, en passant par la seconde révolution qui utilisait l'énergie électrique et une production en ligne de masse, la troisième révolution était automatisée, robotisée et ensuite informatisée surtout avec le développement tout d'abord de l'électronique puis de l'informatique. Enfin vient la quatrième révolution que nous vivons depuis une dizaine d'années, à peu près vers le début de la deuxième décennie du 21^{ème} siècle, cette révolution qui se base sur les nouvelles technologies tel que l'intelligence artificielle, l'internet, le cloud, le big data, l'internet des objets, la 4G voir la 5G, les systèmes cyber-physiques entre autres.

Dans le second chapitre nous avons présenté les systèmes automatisés de production SAP, en parlant de leurs principales parties et composantes, de la partie opérative qui englobe généralement les capteurs, les pré-actionneurs et les actionneurs et de la partie commande qui contient essentiellement les automates programmables industriels API et leurs logiciels de configurations et de programmation. Nous avons aussi dans ce chapitre décrit le système MPS de FESTO sur lequel nous avons réalisé notre travail.

Dans le dernier chapitre nous avons entamé la partie modélisation du système étudié, puis la partie programmation via logiciel STEP 7 de Siemens et enfin la partie IHM du système à l'aide du logiciel WinCC de Siemens, l'utilisation de ces deux logiciels est due au fait que les automates programmables du système que nous avons étudié sont des API de type S7-300 de Siemens.

Références

- [1] C. Schönfelder, Muße – Garant für unternehmerischen Erfolg. 2018.
- [2] <https://richmondvale.org/en/blog/second-industrial-revolution-the-technological-revolution>.
- [3] <https://ied.eu/project-updates/the-4-industrial-revolutions/>
- [4] <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- [5] Industry 4.0 Opportunities behind the challenge, UNIDO General Conference 17, 27 November – 1 December 2017, Vienna, Austria.
https://www.unido.org/sites/default/files/files/2017-11/UNIDO%20Background%20Paper%20on%20Industry%204.0_27112017.pdf.
- [6] <https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4-0-rediscovering-growth>
- [7] <https://www.essentracomponents.com/en-gb/news/news-articles/the-9-technologies-behind-industry-4-0>
- [8] <https://www.the-center.org/Our-Services/Advanced-Technology/Industry-4-0/Big-Data-Industry-4-0>
- [9] <https://www.the-center.org/Automation>
- [10] <https://www.the-center.org/Our-Services/Advanced-Technology/Industry-4-0/Industry-4-0-Simulation>
- [11] [https://www.the-center.org/Our-Services/Advanced-Technology/Industry-4-0/Internet-of-Things-\(IoT\)](https://www.the-center.org/Our-Services/Advanced-Technology/Industry-4-0/Internet-of-Things-(IoT))
- [12] <https://www.the-center.org/Our-Services/Advanced-Technology/Industry-4-0/Industry-4-0-System-Integration>
- [13] <https://www.the-center.org/Our-Services/Advanced-Technology/Industry-4-0/Cybersecurity>
- [14] <https://www.the-center.org/Our-Services/Advanced-Technology/Industry-4-0/Cloud-Computing>
- [15] <https://www.the-center.org/Our-Services/Advanced-Technology/Industry-4-0/Industry-4-0-Additive-Manufacturing-3D-Printing>
- [16] <https://www.the-center.org/Our-Services/Advanced-Technology/Industry-4-0/Augmented-Reality-Virtual-Reality-Industry-4-0>
- [17] A. MTIBAA, Les Systèmes Automatisés de Production, 2012.
- [18] BELGACEM Hamza et RAIS Abdel, Système de contrôle distribué (DCS) avec l'exploitation de l'automate programmable AC800F(ABB), Mémoire de Master en automatique, Université **Mohamed Khider Biskra**, 06 juin 2012.
- [19] http://meidoyen.openelement.fr/Files/Other/Structure%20generale_prof.pdf.
- [20] https://fr.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel

- [21] « L'automate programmable industriels », collège Montmorency, département de technologie du génie électrique, 2006.
- [22] Processing station Manual 648813 R2.2, DE/EN, Avril 2006, FESTO.
- [23] Buffer station Manual 648817 R2.2, DE/EN, Avril 2006, FESTO.
- [24] Automatisation Et réalisation A petite échelle (MAQUETTE) D'une chaine transporteuse de Briques, Mohammed MAATOU, Abderrahmane BELLAGH Automatique et contrôle industriel, juin 2016.
- [25] Duysinx p, « présentation des langages automates programmables ».Revue technique. SIEMENS PLC Série S7 ,2008.
- [26] Pierre Duysinx, Chapitre 4 : Langages de Programmation, Université de Liège.
- [27] SAIDANI .Soraya et AGRI .Nadjet, Automatisation et Supervision de l'installation de l'acide citrique au niveau du complexe ce vital, Master en électrotechnique, Université Abderrahmane Mira-Bejaia, 2012

Références des Figures

- [1] <https://www.wisconsinhistory.org/Records/Image/IM7593>
- [2] <https://sapplmbycideon.wordpress.com/2017/04/12/ford-motor-companys-revolution-industry-4-0-and-iot/>
- [3] <http://french.people.com.cn/n3/2017/0823/c31357-9259210.html>
- [4] <https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth>
- [5] <https://slideplayer.fr/slide/4784927/>
- [6] <https://www.lossendiere.com/2016/08/08/acquisition-dune-information/>
- [7] <https://www.mabeo-direct.com/A-295983-siemens-automate-simatic-s7-300-unites-centrales>
- [8] <https://www.festo-didactic.com/fr-fr/materiel-education/choix-par-technologie/mps-concept-de-production-modulaire/stations/station-d-usinage-une-solution-purement-electrique.htm?fbid=ZnIuZnIuNTQ5LjE2LjE4LjYwNi4zOTQ1>
- [9] Processing station Manual 648813 R2.2, DE/EN, Avril 2006, FESTO.
- [10] Learning Systems Modular Systems for Mechatronics Training, Catalog No.: 13058338 12.07, FESTO.
- [11] <https://www.pinterest.com/pin/565131453216087637/>
- [12] <https://slideplayer.com/slide/9447917/>
- [13] <https://www.festo-didactic.com/fr-fr/materiel-education/choix-par-technologie/mps-concept-de-production-modulaire/controle-supervision/pupitre-de-commande.htm?fbid=ZnIuZnIuNTQ5LjE2LjE4LjcwOC4zOTM1>
- [14] <https://mechx.net/apps/Siemens-SIMATIC-STEP7>

Résumé :

Ce travail comprend la conception, la modélisation, la programmation et la supervision d'un système automatisé de production. Ce système est composé, d'une sous-station d'usinage et d'une sous-station de Testing, le fonctionnement du système est développé via Grafcet et la programmation sur le logiciel STEP7 de Siemens. Les étapes de supervision sont faites sur le logiciel WinCC.

Mots clé : Conception, Modélisation, Langages de Programmation API, Emulation, Supervision, STEP7, WinCC.

Abstract:

This work includes the design, modeling, programming and supervision of an automated production system. This system is composed of a machining substation and a testing substation, the operation of the system is developed via Grafcet and programming on Siemens STEP7 software. The supervision steps are carried out on the WinCC software.

Keywords: Design, Modeling, API Programming Languages, Emulation, Supervision, STEP7, WinCC.

المخلص

يشمل هذا العمل التصميم والنمذجة والبرمجة والإشراف على نظام إنتاج آلي. يتكون هذا النظام من البرمجة Grafcet محطة فرعية للقطع ومحطة اختبار فرعية ، وتم تطوير تشغيل النظام باستخدام WinCC. يتم تنفيذ خطوات الإشراف على برنامج Siemens STEP7. على برنامج

، STEP7 ، المحاكاة ، الإشراف ، API الكلمات المفتاحية: التصميم ، النمذجة ، لغات برمجة WinCC.